



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**ESTUDIO DE RESISTENCIA MECÁNICA ENTRE HORMIGÓN CON
FIBRA DE COCO Y CASCAJO DE LADRILLO RECICLADO, Y
HORMIGÓN LIVIANO**

TUTOR

Mgtr.CISNEROS FARIÑO RONALD PAUL

AUTORES

CARDENAS SALINAS ULISES SEBASTIÁN

SPOONER PAZOS JOSIAS KADIR

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA ENTRE EL HORMIGÓN LIVIANO TRADICIONAL Y HORMIGÓN LIVIANO CON FIBRA DE COCO.

AUTOR/ES:

- CARDENAS SALINAS
ULISES SEBASTIÁN
- SPOONER PAZOS
JOSIAS KADIR

TUTOR: Mgtr.

CISNEROS FARIÑO RONALD PAUL

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

INGENIERO CIVIL.

FACULTAD:

FACULTAD DE INGENIERÍA
INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2025

N. DE PÁGS:

153

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción

PALABRAS CLAVE: Ensayo, fibra, hormigón, ladrillo.

RESUMEN:

La investigación tuvo como objetivo comparar la resistencia a compresión del hormigón liviano tradicional con un hormigón liviano al que se le agregaron materiales alternativos como por ejemplo la fibra de coco y el cascajo de ladrillo reciclado en reemplazo parcial al cemento y al agregado grueso respectivamente. Para esto, se elaboraron 4 dosificaciones distintas, una fue la tradicional, y las otras 3 correspondieron a los porcentajes de reemplazo con los materiales alternativos. Se fabricaron cilindros que fueron sometidos a ensayos de compresión, los mismos con edades de 7, 14 y 28 días.

Los resultados demostraron que, el hormigón tradicional presentó una mayor resistencia a compresión en comparación a las dosificaciones con los materiales alternativos. Sin embargo, se identificó que, algunos cilindros de la primera dosificación superaron la resistencia mínima de 140 kg/cm², e incluso superaron la resistencia de los cilindros de la dosificación tradicional, destacando que, la dosificación con porcentajes de reemplazo del 0,5% de fibra de coco y 6% de cascajo de ladrillo reciclado logró resultados favorables tanto a los 14 como a los 28 días.

Esta investigación permite la reflexión con respecto al potencial uso que se le puede dar a los residuos orgánicos para la fabricación de hormigones livianos,

abriendo paso a futuras investigaciones que logren mezclas más sustentables sin comprometer la resistencia de los hormigones.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:

SI

NO

CONTACTO CON AUTOR/ES:
Cárdenas Salinas Ulises Sebastian
Spooner Pazos Josias Kadir

Teléfono:
0939099917
0983249501

E-mail:
ucardenass@ulvr.edu.ec
jspoonerp@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

PhD. Marcial Sebastian Calero Amores
Decano de la Facultad de Ingeniería,
Industria y Construcción
Teléfono: (04) 25 96 500 **Ext.** 241
E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec
Mgr. Jorge Enrique Torres Rodríguez
Director de Carrera de Ingeniería Civil
Teléfono: (04) 25 96 500 **Ext.** 242
E-mail: etorres@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE SIMILITUD



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TT_2025A_CARDENAS-SALINAS

9%
Textos sospechosos

8% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas

3% Idiomas no reconocidos (ignorado)

< 1% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: TT-CARDENAS & SPOONER 2025.pdf ID del documento: 9f9c28dbe8d6789070c389ddb06a9c07b1c58aa Tamaño del documento original: 12,82 MB Autor: ULISES SEBASTIAN CÁRDENAS SALINAS	Depositante: ULISES SEBASTIAN CÁRDENAS SALINAS Fecha de depósito: 16/8/2025 Tipo de carga: url_submission fecha de fin de análisis: 16/8/2025	Número de palabras: 18.193 Número de caracteres: 131.516
--	--	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.ecp.ec 13 fuentes similares	5%		Palabras idénticas: 5% (1174 palabras)
2	www.studocu.com Diseño de estructuras de hormigón armado - Guía práctica ... 6 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (793 palabras)
3	repositorio.pucesa.edu.ec La aplicación del principio in dubio pro natura en las ... 46 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (295 palabras)
4	repositorio.puce.edu.ec La aplicación del principio in dubio pro natura en las r... 40 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (289 palabras)
5	es.wikisource.org Constitución de Ecuador de 2008/TÍTULO VII - Wikisource 35 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (272 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #28b6c1 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	repositorio.pucesa.edu.ec La potestad discrecional de la asamblea nacional en ... < 1%	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
3	www.cambio16.com La codicia en la extracción de arena ocasiona grave daño a... < 1%	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
4	Documento de otro usuario #130e72 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
5	Documento de otro usuario #6a9cc2 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://360enconcreto.com/blog/detalle/concretos-resistentes-a
2	https://www.abriganature.com/fibra-de-coco-natural--placas-1250x625mm
3	http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/2852/1/ARQ
4	https://www.aath.org.ar/que-es-la-trabajabilidad-y
5	https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/la-extraccion-de-arena-comienza-a

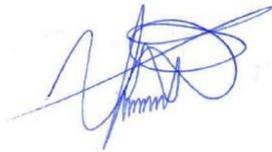
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiante egresados CARDENAS SALINAS ULISES SEBASTIÁN y SPOONER PAZOS JOSIAS KADIR, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, ESTUDIO DE RESISTENCIA MECÁNICA ENTRE HORMIGÓN CON FIBRA DE COCO Y CASCAJO DE LADRILLO RECICLADO, Y HORMIGÓN LIVIANO, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma:



CARDENAS SALINAS ULISES SEBASTIÁN

C.I.0941755316

Firma:



SPOONER PAZOS JOSIAS KADIR

C.I.0950695072

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación ESTUDIO DE RESISTENCIA MECÁNICA ENTRE HORMIGÓN CON FIBRA DE COCO Y CASCAJO DE LADRILLO RECICLADO, Y HORMIGÓN LIVIANO, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: ESTUDIO DE RESISTENCIA MECÁNICA ENTRE HORMIGÓN CON FIBRA DE COCO Y CASCAJO DE LADRILLO RECICLADO, Y HORMIGÓN LIVIANO, presentado por el los estudiantes CARDENAS SALINAS ULISES SEBASTIÁN y SPOONER PAZOS JOSIAS KADIR como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



CISNEROS FARIÑO RONALD PAUL

C.C. 0925514960

AGRADECIMIENTO

Quisiera comenzar expresando mi sincero agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Ronald Cisneros, que, con su experiencia y consejos impulso a la realización y culminación de este trabajo de titulación.

Agradecer también a Dios, a mi familia, especialmente a mi mamá, también mis tías Lic. Luz María Salinas Saavedra, Abg. Rosa María Salinas Saavedra y María Gualle Guamán, cada uno de ellos forma parte de las personas especiales en mi vida, les agradezco profundamente su apoyo de una u otra manera a lo largo de mi carrera profesional, al Ing. Jorge Mejillón que con paciencia me enseñó y permitió desenvolverme en actividades relacionadas a mi profesión. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, gracias por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis padres Lic. Xavier Ulises Cárdenas Pazmiño que en paz descanse el cual sé que está orgulloso de mi, y a mi madre Psic. Meyboll Anabelle Salinas Saavedra que con esfuerzo a lo largo de estos años de formación vio la manera sin ninguna atadura que logre culminar mi carrera.

Ulises Sebastián Cárdenas Salinas

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios en primer lugar, por permitirme estos años de vida en los que me he esforzado y alcanzado un gran logro. A mis padres, que confiaron en mí en todo momento, y quienes son mi inspiración para afrontar cada día y cada meta propuesta, gracias al trabajo de ambos he llegado muy lejos, y son la razón por la cual me he convertido en un profesional. A mi familia, que con su apoyo me motivaron a seguir adelante. A mi novia, quien me apoyó y amó incondicionalmente en este tramo final de mi carrera universitaria. A mis mascotas, que, aunque no hablen, su sola presencia ya representaba un alivio en tiempos de estrés. A las amistades que hice a lo largo de la carrera, con quienes compartí risas y momentos que atesoraré por siempre.

Le agradezco a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, a todos los docentes, en especial al Ing. Ronald Cisneros y al Ing. Kevin Mendoza, quienes brindaron su acompañamiento y su conocimiento para formarme académicamente.

DEDICATORIA

Este logro es dedicado a mis padres, Miguel Torres y Gabriela Pazos, quienes depositaron toda su confianza en mí, y sé que están orgullosos del hijo que criaron y formaron. Va dedicado también a Benito, mi fiel mascota y compañero, que en paz descansa. Finalmente, va dedicado a mi pareja, Nathalia González, y a mis amistades más cercanas quienes también formaron parte de esta meta.

Josias Kadir Spooner Pazos

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo comparar la resistencia a compresión del hormigón liviano tradicional con un hormigón liviano al que se le agregaron materiales alternativos como por ejemplo la fibra de coco y el cascajo de ladrillo reciclado en reemplazo parcial al cemento y al agregado grueso respectivamente. Para esto, se elaboraron 4 dosificaciones distintas, una fue la tradicional, y las otras 3 correspondieron a los porcentajes de reemplazo con los materiales alternativos. Se fabricaron cilindros que fueron sometidos a ensayos de compresión, los mismos con edades de 7, 14 y 28 días.

Los resultados demostraron que, el hormigón tradicional presentó una mayor resistencia a compresión en comparación a las dosificaciones con los materiales alternativos. Sin embargo, se identificó que, algunos cilindros de la primera dosificación superaron la resistencia mínima de 140 kg/cm², e incluso superaron la resistencia de los cilindros de la dosificación tradicional, destacando que, la dosificación con porcentajes de reemplazo del 0,5% de fibra de coco y 6% de cascajo de ladrillo reciclado logró resultados favorables tanto a los 14 como a los 28 días.

Esta investigación permite la reflexión con respecto al potencial uso que se le puede dar a los residuos orgánicos para la fabricación de hormigones livianos, abriendo paso a futuras investigaciones que logren mezclas más sustentables sin comprometer la resistencia de los hormigones.

Palabras Claves: Ensayo, fibra, hormigón, ladrillo.

ABSTRACT

The research aimed to compare the compressive strength of traditional lightweight concrete with that of a lightweight concrete to which alternative materials such as coconut fiber and recycled brick gravel were added, partially replacing cement and coarse aggregate, respectively. Four different dosages were developed: one was the traditional one, and the other three corresponded to the percentages of replacement with alternative materials. Cylinders were manufactured and subjected to compression tests at ages of 7, 14, and 28 days.

The results showed that the traditional concrete exhibited greater compressive strength compared to the dosages with alternative materials. However, it was identified that some cylinders from the first batch exceeded the minimum strength of 140 kg/cm², and even surpassed the strength of the cylinders from the traditional batch. It is noteworthy that the batch with replacement percentages of 0.5% coconut fiber and 6% recycled brick gravel achieved favorable results at both 14 and 28 days.

This research allows for reflection on the potential use of organic waste for the manufacture of lightweight concrete, paving the way for future research to achieve more sustainable mixtures without compromising concrete strength.

Keywords: Test, fiber, concrete, brick.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	2
1.1 Tema:	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Objetivo general.....	4
1.5 Objetivos específicos	4
1.6 Hipótesis	4
1.7 Línea de investigación	4
CAPÍTULO II	5
MARCO REFERENCIAL.....	5
2.1 Marco Teórico:.....	5
Antecedentes	5
Desperdicios y potencialidades del coco	9
Características de las fibras.....	11
Propiedades térmicas	13
Ventajas de utilizar la fibra de coco	13
¿Qué es el cascajo?	16
Propiedades del cascajo de ladrillo reciclado	16
Ventajas del uso de cascajo de ladrillo reciclado	16
Tipos de cascajo de ladrillo reciclado	17
¿Qué es el hormigón liviano?	18
¿Cómo se fabrica el hormigón?.....	19
Propiedades del hormigón.....	20
Déficit de materiales de construcción: áridos naturales	25
2.2 Marco Legal	27
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.....	27
Sección sexta: Hábitat y vivienda.	28
Capítulo séptimo: Derechos de la naturaleza.	28
Sección octava: Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.	28
Sección primera: Naturaleza y ambiente.	28
Sección tercera: Patrimonio natural y ecosistemas.	29

2.2.2 NTE INEN 696:2011	29
2.2.3 NTE INEN 1 855-2:2002	30
2.2.4 NTE INEN 3124	31
2.2.5 Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC)	32
Durabilidad del hormigón [NEC-SE-HM, 3.2].....	32
Propiedades mecánicas del hormigón armado [NEC-SEHM, 3.3.1].	32
Especificación de resistencia determinado mediante pruebas.....	33
f'_{cr} = Resistencia media requerida Mpa.....	33
Calidad del concreto.....	33
Frecuencia de los ensayos.....	33
Ensayos de cilindros curados en laboratorio y campo.....	34
Preparación del equipo.....	34
Mezcla de hormigón.....	35
Transporte y colocación del hormigón.....	35
Diseño de estructuras de hormigón armado.....	35
Curado del concreto.....	35
CAPÍTULO III	37
MARCO METODOLÓGICO	37
3.1 Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)	37
3.2 Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional) ..	38
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	38
3.4 Población y muestra	39
CAPÍTULO IV.....	41
PROPUESTA O INFORME	41
4.1 Presentación y análisis de resultados	41
4.1.1 Materiales	41
4.1.2 Herramientas	44
4.1.3 Procedimiento.....	48
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	111
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	112
ANEXOS.....	116

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: ASENTAMIENTO DEL CP 210 KG/CM ² INCORPORANDO EL ÓPTIMO 10% DE CENIZA DE CARBÓN (CC).....	6
ILUSTRACIÓN 2: RESTOS DE CÁSCARA DE COCO.	11
ILUSTRACIÓN 3: FIBRA DE COCO.....	12
ILUSTRACIÓN 4: DERIVADOS Y USOS DE LA FIBRA DE COCO.	14
ILUSTRACIÓN 5: BIOADOQUINES CON FIBRA DE COCO Y FIQUE.	15
ILUSTRACIÓN 6: PLACAS DE FIBRA DE COCO.	15
ILUSTRACIÓN 7: HORMIGÓN LIVIANO.	19
ILUSTRACIÓN 8: HORMIGÓN.	20
ILUSTRACIÓN 9: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	21
ILUSTRACIÓN 10: DURABILIDAD DEL HORMIGÓN EN AMBIENTES COSTEROS.	22
ILUSTRACIÓN 11: TRABAJABILIDAD DEL HORMIGÓN.....	23
ILUSTRACIÓN 12: RESISTENCIA A SULFATOS.....	24
ILUSTRACIÓN 13: BLOQUES DE AISLACIÓN ACÚSTICA.	25
ILUSTRACIÓN 14: ESCASEZ DE ARENA.....	26
ILUSTRACIÓN 15: TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA ENSAYO DEL ÁRIDO GRUESO.	30
ILUSTRACIÓN 16: BANDEJA DE ALUMINIO.....	42
ILUSTRACIÓN 17: FIBRA DE COCO.....	42
ILUSTRACIÓN 18: ARENA.	43
ILUSTRACIÓN 19: AGREGADO GRUESO.....	43
ILUSTRACIÓN 20: CASCAJO DE LADRILLO RECICLADO.	44
ILUSTRACIÓN 21: TAMICES.	44
ILUSTRACIÓN 22: BALANZA DIGITAL.	45
ILUSTRACIÓN 23: BALANZA MANUAL.	45
ILUSTRACIÓN 24: BANDEJAS METÁLICAS.	46
ILUSTRACIÓN 25: PICNÓMETRO.....	46
ILUSTRACIÓN 26: CANASTILLA METÁLICA DE INMERSIÓN.	47
ILUSTRACIÓN 27: PRENSA HIDRÁULICA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN.	47
ILUSTRACIÓN 28: HOJAS DE REGISTRO DE DATOS.	48
ILUSTRACIÓN 29: TRANSPORTE DEL MATERIAL AL LABORATORIO.	49
ILUSTRACIÓN 30: RECOLECCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.	49
ILUSTRACIÓN 31: RECOLECCIÓN DEL AGREGADO FINO.	50
ILUSTRACIÓN 32: LIMPIEZA DEL AGREGADO FINO.	50
ILUSTRACIÓN 33: PESAJE DE LOS MATERIALES.	51
ILUSTRACIÓN 34: TAMIZADO DE LOS MATERIALES.....	51
ILUSTRACIÓN 35: DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.	52
ILUSTRACIÓN 36: DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.	52
ILUSTRACIÓN 37: PESAJE DE LA ARENA EN SECO PARA LAS GRAVEDADES ESPECÍFICAS.	53
ILUSTRACIÓN 38: DATOS DE LAS GRAVEDADES ESPECÍFICAS DE LA ARENA.....	53
ILUSTRACIÓN 39: DATOS DE LAS GRAVEDADES ESPECÍFICAS DE LA PIEDRA $\frac{3}{4}$	54

ILUSTRACIÓN 40: PESAJE DEL CEMENTO PARA REALIZAR LA MEZCLA PARA LOS CILINDROS.....	55
ILUSTRACIÓN 41: PESAJE DE LA PIEDRA 3/4 PARA REALIZAR LA MEZCLA PARA LOS CILINDROS.....	55
ILUSTRACIÓN 42: PESAJE DEL AGREGADO FINO PARA REALIZAR LA MEZCLA PARA LOS CILINDROS.....	56
ILUSTRACIÓN 43: PESAJE DEL AGUA PARA REALIZAR LA MEZCLA PARA LOS CILINDROS.	56
ILUSTRACIÓN 44: MEZCLA PARA LOS CILINDROS.	57
ILUSTRACIÓN 45: COLOCACIÓN DE LA MEZCLA EN EL CONO.....	57
ILUSTRACIÓN 46: VARILLADO EN EL MOLDE.	58
ILUSTRACIÓN 47: ENSAYO DE ASENTAMIENTO.	58
ILUSTRACIÓN 48: MEDICIÓN DE LA DISMINUCIÓN DE LA ALTURA DEL CONO DE CONCRETO DESPUÉS DE RETIRARLO DEL MOLDE.....	59
ILUSTRACIÓN 49: UBICACIÓN DE LOS CILINDROS DEL HORMIGÓN LIVIANO CON LOS MATERIALES TRADICIONALES.	59
ILUSTRACIÓN 50: COLOCACIÓN DE LOS CILINDROS.....	60
ILUSTRACIÓN 51: PESO DEL CILINDRO.....	60
ILUSTRACIÓN 52: CILINDROS DE LA DOSIFICACIÓN TRADICIONAL.	61
ILUSTRACIÓN 53: PRIMER PESAJE DEL AGREGADO GRUESO.	62
ILUSTRACIÓN 54: SEGUNDO PESAJE DEL AGREGADO GRUESO.....	62
ILUSTRACIÓN 55: PRIMER PESAJE DEL AGREGADO FINO.....	63
ILUSTRACIÓN 56: SEGUNDO PESAJE DEL AGREGADO FINO.	63
ILUSTRACIÓN 57: PESAJE DEL CEMENTO.....	64
ILUSTRACIÓN 58: PESAJE DEL 6% DE CASCAJO DE LADRILLO RECICLADO PARA LA MEZCLA.....	64
ILUSTRACIÓN 59: PESAJE DEL 0,5% DE LA FIBRA DE COCO PARA LA MEZCLA.....	65
ILUSTRACIÓN 60: PESAJE DEL AGUA.	65
ILUSTRACIÓN 61: MATERIALES LISTOS PARA MEZCLAR.....	66
ILUSTRACIÓN 62: ENSAYO DE ASENTAMIENTO.	66
ILUSTRACIÓN 63: ASENTAMIENTO.....	67
ILUSTRACIÓN 64: VARILLADO DEL HORMIGÓN EN LOS MOLDES.....	67
ILUSTRACIÓN 65: CILINDROS CON LA PRIMERA DOSIFICACIÓN.....	68
ILUSTRACIÓN 66: PESO DEL CILINDRO CON LA PRIMERA DOSIFICACIÓN.....	68
ILUSTRACIÓN 67: PESAJE DEL AGREGADO GRUESO.....	69
ILUSTRACIÓN 68: PESAJE DEL AGREGADO FINO.	70
ILUSTRACIÓN 69: PESAJE DEL CEMENTO.....	70
ILUSTRACIÓN 70: PESAJE DEL 8% DEL CASCAJO DE LADRILLO RECICLADO.....	71
ILUSTRACIÓN 71: PESAJE DEL 1% DE LA FIBRA DE COCO.	71
ILUSTRACIÓN 72: PESAJE DEL AGUA.	72
ILUSTRACIÓN 73: ENSAYO DE ASENTAMIENTO.	72
ILUSTRACIÓN 74: CILINDROS DE HORMIGÓN CON LA SEGUNDA DOSIFICACIÓN.....	73
ILUSTRACIÓN 75: CILINDROS CON LA SEGUNDA DOSIFICACIÓN.....	73
ILUSTRACIÓN 76: PESO DEL CILINDRO CON LA SEGUNDA DOSIFICACIÓN.....	74

ILUSTRACIÓN 77: PESAJE DEL AGREGADO GRUESO.....	75
ILUSTRACIÓN 78: PESAJE DEL AGREGADO FINO.	75
ILUSTRACIÓN 79: PESAJE DEL 10% DEL CASCAJO DE LADRILLO RECICLADO.....	76
ILUSTRACIÓN 80: ENSAYO DE ASENTAMIENTO.	76
ILUSTRACIÓN 81: CILINDROS DE HORMIGÓN CON LA TERCERA DOSIFICACIÓN.....	77
ILUSTRACIÓN 82: PESO DEL CILINDRO CON LA TERCERA DOSIFICACIÓN.	77
ILUSTRACIÓN 83: CILINDRO EN SU BASE PARA EL ENSAYO.....	78
ILUSTRACIÓN 84: CILINDRO COLOCADO EN LA MÁQUINA.....	79
ILUSTRACIÓN 85: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.....	79
ILUSTRACIÓN 86: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	80
ILUSTRACIÓN 87: ESTADO DEL CILINDRO DESPUÉS DEL ENSAYO.	80
ILUSTRACIÓN 88: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	81
ILUSTRACIÓN 89: ESTADO DEL CILINDRO DESPUÉS DEL ENSAYO.	81
ILUSTRACIÓN 90: ESTADO DE LOS TRES CILINDROS DESPUÉS DE LOS ENSAYOS.	82
ILUSTRACIÓN 91: CILINDROS DE LA PRIMERA DOSIFICACIÓN.	83
ILUSTRACIÓN 92: PESO SATURADO DEL CILINDRO.	83
ILUSTRACIÓN 93: PESO EN SECO DEL CILINDRO.	84
ILUSTRACIÓN 94: PESO EN AGUA DEL CILINDRO.	84
ILUSTRACIÓN 95: CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL CILINDRO DE LA PRIMERA DOSIFICACIÓN.....	85
ILUSTRACIÓN 96: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.....	85
ILUSTRACIÓN 97: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	86
ILUSTRACIÓN 98: CILINDRO 2.2D PARA CÁLCULO DE LA DENSIDAD.....	86
ILUSTRACIÓN 99: CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL CILINDRO DE LA SEGUNDA DOSIFICACIÓN.....	87
ILUSTRACIÓN 100: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.....	87
ILUSTRACIÓN 101: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	88
ILUSTRACIÓN 102: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	88
ILUSTRACIÓN 103: ESTADO DE LOS TRES CILINDROS DESPUÉS DE LOS ENSAYOS.	89
ILUSTRACIÓN 104: CILINDRO 2.3D PARA CÁLCULO DE LA DENSIDAD.	89
ILUSTRACIÓN 105: CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL CILINDRO DE LA TERCERA DOSIFICACIÓN.....	90
ILUSTRACIÓN 106: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.....	90
ILUSTRACIÓN 107: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	91
ILUSTRACIÓN 108: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	91
ILUSTRACIÓN 109: CILINDROS DE LA DOSIFICACIÓN TRADICIONAL A LOS 14 DÍAS.	92
ILUSTRACIÓN 110: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.....	92
ILUSTRACIÓN 111: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	93
ILUSTRACIÓN 112: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	93
ILUSTRACIÓN 113: ESTADO DE LOS CILINDROS DESPUÉS DE LOS ENSAYOS.....	94
ILUSTRACIÓN 114: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.	94
ILUSTRACIÓN 115: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	95
ILUSTRACIÓN 116: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	95
ILUSTRACIÓN 117: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.	96

ILUSTRACIÓN 118: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	96
ILUSTRACIÓN 119: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	97
ILUSTRACIÓN 120: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.	97
ILUSTRACIÓN 121: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	98
ILUSTRACIÓN 122: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	98
ILUSTRACIÓN 123: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.	99
ILUSTRACIÓN 124: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	99
ILUSTRACIÓN 125: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	100
ILUSTRACIÓN 126: ESTADO DE LOS CILINDROS DESPUÉS DE LAS ROTURAS.....	100
ILUSTRACIÓN 127: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.	101
ILUSTRACIÓN 128: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	101
ILUSTRACIÓN 129: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	102
ILUSTRACIÓN 130: ESTADO DE LOS CILINDROS DESPUÉS DE LAS ROTURAS.....	102
ILUSTRACIÓN 131: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.	103
ILUSTRACIÓN 132: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	103
ILUSTRACIÓN 133: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	104
ILUSTRACIÓN 134: ESTADO DE LOS CILINDROS DESPUÉS DE LAS ROTURAS.....	104
ILUSTRACIÓN 135: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRIMER CILINDRO.	105
ILUSTRACIÓN 136: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL SEGUNDO CILINDRO.....	105
ILUSTRACIÓN 137: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL TERCER CILINDRO.	106
ILUSTRACIÓN 138: ESTADO DE LOS CILINDROS DESPUÉS DE LAS ROTURAS.....	106
ILUSTRACIÓN 139: EXCEL CON LOS RESULTADOS DE LOS CILINDROS DE LA DOSIFICACIÓN TRADICIONAL.	107
ILUSTRACIÓN 140: EXCEL CON LOS RESULTADOS DE LOS CILINDROS DE LA PRIMERA DOSIFICACIÓN.....	107
ILUSTRACIÓN 141: EXCEL CON LOS RESULTADOS DE LOS CILINDROS DE LA SEGUNDA DOSIFICACIÓN.....	108
ILUSTRACIÓN 142: EXCEL CON LOS RESULTADOS DE LOS CILINDROS DE LA TERCERA DOSIFICACIÓN.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: USOS Y APLICACIONES DE LA FIBRA DE COCO.....	12
TABLA 2: TÉCNICA E INSTRUMENTOS.	39

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene la finalidad de desarrollar un estudio que compare el comportamiento mecánico del hormigón liviano tradicional con un hormigón que contiene fibra de coco en reemplazo al cemento, y cascajo de ladrillo reciclado en reemplazo al agregado grueso, en este caso, la piedra $\frac{3}{4}$; como una potencial alternativa de carácter ecológico para el sector de la construcción.

El estudio se centra en la necesidad de explorar soluciones sustentables que enfrenten de cara a la explotación desmedida de recursos naturales, proponiendo de esta manera el uso de materiales sostenibles que puedan contribuir a la fabricación de hormigones con menor impacto ambiental.

La presente investigación se realizó en un contexto académico y práctico, en donde se aplica una metodología experimental que permite evaluar la resistencia a la compresión de cada dosificación realizada, de manera que se pueda determinar si este tipo de hormigón con los materiales alternativos ofrece la misma resistencia o incluso si es capaz de ofrecer una resistencia mayor a la planteada.

Finalmente, esta trabajo busca abrir paso a futuras investigaciones que se enfoquen en obtener un equilibrio entre la eficiencia constructiva y la sostenibilidad. Incorporar materiales poco convencionales en el hormigón puede representar una solución ante los desafíos que atraviesa el sector, uno de ellos la explotación de recursos y la necesidad de reducir la huella ambiental de las construcciones.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Estudio comparativo de la resistencia mecánica entre el hormigón liviano tradicional y hormigón liviano con fibra de coco

1.2 Planteamiento del problema

Hoy por hoy, la industria de la construcción se enfrenta a la presión de utilizar materiales y emplear técnicas que sean amigables con el entorno, es por esto que, se considera al hormigón tradicional como un causante de los impactos ambientales relacionados a la extracción de recursos naturales, en este caso, la arena como agregado fino.

El hormigón liviano posee gran relevancia en la industria de la construcción, esto gracias a las distintas ventajas que posee, tales como la reducción de costos en estructuras y transporte, la facilidad de manejo del mismo, y el peso ligero que posee. A pesar de esto, una de las limitaciones más significativas de este material es la poca resistencia mecánica de la que dispone, lo cual termina por restringir su uso en ciertos proyectos que requieran de una mayor durabilidad.

Paralelamente, la investigación de materiales sostenibles nos ha conducido a tomar en consideración el uso de los desechos agroindustriales, como en este caso, la fibra de coco, un subproducto abundante en nuestro país, principalmente en la región costera, siendo los vendedores y consumidores irresponsables los principales causantes de estos desechos.

Este subproducto se caracteriza por ser un aislante térmico y acústico, e incluso ser resistente y flexible. Ahora bien, a pesar de poseer las características mencionadas, el uso de la fibra de coco como agregado fino en el hormigón liviano es un tema muy poco estudiado, principalmente cuando hablamos del impacto que

tiene el mismo en propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción, compresión y flexión.

Esta falta de estudio nos lleva a plantearnos la necesidad de investigar los efectos de la incorporación de la fibra de coco y cómo puede contribuir a la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón liviano, de tal manera que se pueda descubrir y/o ampliar su rango de usos, y al mismo tiempo, promover su uso como una solución sostenible para el manejo de residuos agroindustriales.

Es importante tener en cuenta también, la explotación de los recursos, en este caso, el del agregado fino, es decir, la arena. Las consecuencias de la extracción excesiva de este recurso desencadenan un deterioro en ecosistemas, e incluso alteraciones en las zonas de las que se extrae dicho material. Cabe resaltar que, la extracción desmedida de este recurso puede poner en vulnerabilidad a las comunidades locales frente al cambio climático, principalmente cuando son zonas que se encuentran expuestas a la erosión. Es una realidad que, el uso de la arena seguirá yendo en aumento a medida que pasen los años, esto debido al incremento de la población, por ende, se necesitarán de más edificaciones, tales como: edificios, puentes, entre otros.

Es por esa misma razón que, se debe tomar en cuenta la utilización de otros materiales que funcionen como un reemplazo de la arena. De manera que, se realicen los debidos procesos y estudios que indiquen la factibilidad de un material en específico, en este caso, la fibra de coco, para aproximarse, igualar o incluso mejorar las propiedades mecánicas del hormigón.

1.3 Formulación del problema

¿Es factible reemplazar el agregado fino en el hormigón armado por la fibra de coco para obtener una buena resistencia mecánica?

1.4 Objetivo general

Utilizar la fibra de coco como agregado fino en el hormigón liviano, para la evaluación de la resistencia mecánica entre el hormigón liviano tradicional con el hormigón liviano con fibra de coco.

1.5 Objetivos específicos

Analizar las propiedades y características de la fibra de coco en la construcción.

Evaluar la durabilidad y resistencia mecánica del hormigón con fibra de coco.

Comparar los resultados obtenidos entre el hormigón liviano con fibra de coco con el hormigón liviano tradicional.

1.6 Hipótesis

Utilizar la fibra de coco como un reemplazo de la arena como agregado fino igualará o mejorará la resistencia mecánica.

1.7 Línea de investigación

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

Antecedentes

Los materiales de construcción son una parte esencial cuando hablamos de edificaciones sostenibles. A día de hoy, la tecnología ha tenido grandes avances y ha contribuido a grandes progresos en el ámbito de la creación de nuevos materiales sostenibles para la construcción. Cabe destacar que, lo natural siempre es garantía de sostenibilidad, es por ello que disertaremos sobre el coco y las potencialidades que tienen sus fibras en la construcción eco-friendly.

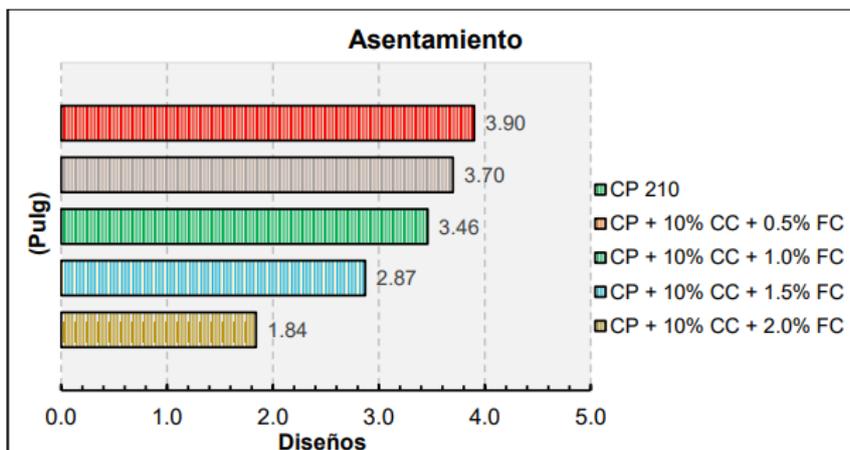
Es importante tener bases de las cuales se pueda partir en este trabajo de investigación, como por ejemplo el caso de la Mejora del Concreto Estructural con Fibras de Coco: Enfoque Sostenible, en donde los investigadores pretendían explorar el impacto que tendrían los concretos estructurales si se les añadía fibras de coco en las propiedades mecánicas del mismo. Evaluando principalmente los cambios presentados en la resistencia a la compresión, flexión y tracción del concreto. “Los resultados demostraron que una dosificación óptima de 1.0% de fibras mejora significativamente la ductilidad y la capacidad de absorción de energía del concreto sin comprometer la resistencia a la compresión y tracción.” (Vera Sánchez y otros, 2024, s.p.)

Los descubrimientos realizados validan el potencial que tienen las fibras de coco al utilizarlas como un refuerzo sostenible que, pueda ofrecer una opción ecológica en comparación a las fibras sintéticas, de manera que se promueva la utilización de subproductos agrícolas dentro del sector de la construcción. Dicho enfoque alinea las prácticas de construcción en función de la sostenibilidad ambiental, a su vez que reduce la dependencia de materiales no renovables.

Otro caso de estudio es el de Comportamiento mecánico del concreto incorporando cenizas de carbón y fibras de coco, en vista de la alta demanda del concreto, y de la utilización de los agregados, como por ejemplo las grandes extracciones de materiales y el agotamiento del mismo. Es por esto que, el objetivo de este trabajo de investigación se basó en la evaluación del comportamiento mecánico del concreto, en donde se incorporó no solo la fibra de coco, sino también las cenizas de carbón:

Utilizaron la investigación aplicada con un enfoque cuantitativo, en donde se realizó in estudio de canteras de la zona, llevando a cabo una evaluación de: 600 °C, 800 °C, 1000 °C y 1200°C de temperatura de quemado de CC siendo 1000 C° la óptima. Asimismo, se realizó diseños de mezclas para un CP 210 y 280 kg/cm² con reemplazo parcial del cemento por 5%, 10%, 15% y 20% CC y adición de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de FC por peso del cemento, dichas muestras experimentales se evaluaron a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados en las propiedades mecánicas identificaron que con el 10% CC + 1.0% FC con respecto a la resistencia a la compresión, tracción y flexión para el CP 210 evidenció un incremento de 1.33%, 5.27% y 2.86%, y para el CP 280 incremento en 1.01%, 6.60% y 2.25%. (Collantes Quiñones & Julca Cruz, 2024, p.xi.)

Ilustración 1: Asentamiento del CP 210 kg/cm² incorporando el óptimo 10% de ceniza de carbón (CC).



Fuente: Collantes Quiñones & Julca Cruz (2024)

Los resultados de los estudios concluyen que, el agregar la fibra de coco y la ceniza de carbón, generan una ligera mejora en la resistencia mecánica del concreto.

Otro de los estudios tomados como base fue el del Estudio de Factibilidad del Uso de la Fibra de Coco para la Elaboración de Mampuesto, trabajo en el que se pretende investigar la factibilidad que puede llegar a tener el agregar fibra de coco en la elaboración de mampuestos. Aplicaron el tipo de investigación experimental en donde realizaron algunos procesos y muestras de diferentes dosis, esto con el objetivo de determinar la cantidad óptima de fibra de coco que deba incorporarse para la elaboración del mampuesto:

Congruentemente los resultados de las pruebas de compresión por el método de varillado, de dosificación 1 de cemento, 1 de arena, 6 de chasqui con un 5 % de incorporación de fibra de coco que es obtenido en relación al peso del cemento con dimensiones de 1 a 3 cm, alcanzó 5.27 Mpa, según la norma NTE INEN 638 y la NEC12, cumple con las especificaciones para un mampuesto tipo B. (Alava Ullauri & López Mero, 2022, s.p.)

Otro dato relevante de este trabajo de investigación es que, gracias a la investigación bibliográfica, obtuvieron que, para construir 93,52 m² de mampostería, se deben incorporan 280,56 cocos por vivienda unifamiliar para el mampuesto ecológico.

El siguiente estudio llamado, Fibra de coco y su efecto en la resistencia a la compresión simple y porosidad del hormigón; trabajo de investigación en donde se explora el impacto de la fibra de coco en la porosidad y resistencia del hormigón de 21 Mpa, al sustituir el agregado fino convencional. La investigación tiene como propósito determinar los efectos que genera sustituir la fibra de coco, en distintas dosificaciones, es decir, en niveles de porcentajes, con respecto a la porosidad y a la resistencia a la compresión simple:

Por lo cual se empleó una metodología que incluyó la caracterización de los agregados y la sustitución de fibra de coco, tratada con cal en

porcentajes de 0.5, 1.5 y 3 % del peso al agregado fino. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y porosidad en especímenes de hormigón, siguiendo normativas NTE-INEN y ASTM. Los ensayos se efectuaron a intervalos de 7, 14 y 28 días. (Cedeño Vélez y otros, 2024, párr. 2)

Los resultados de esta investigación determinaron que, es evidente una reducción con respecto a la resistencia a la compresión, mientras que, el porcentaje de la porosidad capilar efectivo presentó un aumento con respecto al incremento del porcentaje de la fibra de coco. “La mezcla con 1.5% de fibra mantuvo la resistencia dentro de un rango aceptable, mientras que la sustitución del 3% resultó en resistencia y porosidad por debajo de los estándares requeridos.” (Cedeño Vélez y otros, 2024, párr. 2)

Se concluye que, una alternativa sostenible para poder mejorar las condiciones del hormigón es sustituir la fibra de coco hasta en un 1,5%, ya que, se logra un equilibrio entre la porosidad y la resistencia. Pero, hay que recalcar que, aumentar los porcentajes puede llegar a afectar de manera negativa las propiedades del hormigón.

Por último, otro de los trabajos es el del Análisis de factibilidad del uso de fibra de coco en la fabricación de ladrillos de cemento para construcciones de vivienda en el Ecuador, en donde se resalta la alta producción de frutas en Ecuador, específicamente del coco, entonces, surge la idea de reciclar esta fibra natural que se procesa y se utiliza como agregado fino en cementos, de manera que se pueda disminuir el peso del hormigón:

El agregado de fibras de coco en porcentajes de 2.5%, 5% y 10% con terro-cemento, demostró bajas resistencias a la compresión en probetas con 21 días de edad. Por otro lado, el uso de piedra pómez más 1.7% fibra de coco alcanzó valores similares de resistencias a la compresión en probetas con una edad de 7 días. (Molina Osejos & Aulestia Altamirano, 2020, párr. 1)

La utilización de la fibra de coco en elevados porcentajes en la mezcla para elaborar ladrillos puede llegar a presentar fisuras que pueden llegar a comprometer el material, de manera que se reducen las propiedades tanto mecánicas como físicas; también, se pueden presentar irregularidades en la superficie, lo cual impide que se pueda tener un buen acabado superficial:

Las probetas fueron ensayadas a los 7 días, 14 días y 21 días según la norma ASTM C39. Los ladrillos fueron comparados con la resistencia estandarizada que rige en la norma técnica INEN 297 para ladrillos macizos cerámicos artesanales Tipo C, en la cual determina que la resistencia a la compresión promedio individual, debe ser de 6 MPa. (Molina Osejos & Aulestia Altamirano, 2020, párr. 1)

Los resultados que se presentan en el trabajo son de ayuda para concluir que añadir la fibra de coco en ladrillos, puede llegar a ser una muy buena alternativa si se trata de utilizarlos en paredes decorativas, esto debido al ligero peso que posee y también a su resistencia baja, lo cual termina convirtiéndolo en un hormigón liviano.

Desperdicios y potencialidades del coco

La masiva cantidad de residuos y desechos que genera la actividad humana cada año es probablemente uno de las mayores problemáticas para la supervivencia del planeta y lo peor de esto es que, la mayoría de dichos residuos, podrían ser reutilizados. De esta manera, no solo se les daría un segundo uso, sino también que se los incorpora a un sistema económico e industrial donde se prime la circularidad.

Las cáscaras de coco tardan aproximadamente 10 años en descomponerse de manera natural. Lo cual deja en evidencia que es una fibra duradera, teniendo tasas de descomposición realmente bajas. Posee un gran porcentaje de lignina (hasta el 45%), una sustancia que actúa como un aglutinante y les confiere resistencia a las células vegetales. Otra de las propiedades del coco es que es resistente a los rayos del sol; en otras palabras, posee una baja conductividad térmica, lo cual significa que se puede utilizar para protección contra el calor y contra el frío.

En la actualidad, se estima que los datos de producción de coco son los siguientes:

La FAO en 2017, reportó que, a nivel mundial, la producción de coco ascendió a 61,09 millones de toneladas. El 85,3% de la producción mundial se concentra en el continente asiático, seguido por América en un 8,5%; en lo que respecta al Ecuador, la región costa es la productora es la que produce mayor cantidad de fruta de cocotero, donde según promedio estadístico el portal Ecuador en CIFRAS y el INEC proyecciones (2018), anualmente se producen alrededor de 3.508 toneladas de cocos; los porcentajes de producción de coco, únicamente en la zona de litoral costa del Ecuador, Esmeraldas 35%; Manabí 15%; Guayas 15%; Los Ríos 10%; El Oro 10% y otros 15%. (Vilela, 2020, pág. 24)

Cerca del 15% de estos residuos son aprovechados, el resto generalmente son incinerados, lo cual genera un mayor grado de contaminación, y, en consecuencia, la incidencia en el efecto invernadero. En el campo de la construcción, las fibras de las cáscaras de ciertos elementos orgánicos llegan a tener distintas utilidades, principalmente las que tienen propiedades de aislamiento acústico y térmico, como es el caso de la fibra de coco.

Ilustración 2: Restos de cáscara de coco.



Fuente: Haiman El Troudi (2021)

Características de las fibras

La fibra de coco posee diferentes usos en distintas industrias, como, por ejemplo: en la agricultura, en la textil e incluso en la automovilística. Sin embargo, vamos a centrarnos en las cualidades que posee dentro de la construcción sostenible, y explorando sus propiedades de aislante térmico y acústico:

La fibra de coco es ligera y consistente ante el ataque de microbios u otras plagas. Pero lo que más destaca de su perfil como componente constructivo es su alta resistencia a condiciones climatológicas duras y adversas con extremo calor. Al contrario de lo que se pueda pensar, ante altas temperaturas no se agrieta ni se deforma. (Sostenible, 2022, párr. 6)

Ilustración 3: Fibra de coco.



Fuente: Buechel (2019)

Como se mencionó, la fibra de coco posee cualidades de aislante térmica y acústica, es por esto que se puede emplear para distintos productos, como, por ejemplo:

Tabla 1: Usos y aplicaciones de la fibra de coco.

Usos	Aplicación
Bloques	Para la elaboración de bloques se utiliza tanto la cáscara como la fibra de coco, en donde se muele y se prensa para posteriormente ser utilizada en obras menores tales como muros, entre otros.
Placas de fibra	Uno de los productos que más se comercializa son las placas de fibra, las cuales se las utiliza como aislante térmico en paredes, suelos e incluso techos.

Paneles	Si se une al fibrocemento, se puede utilizar para realizar encofrados de suelo; cabe recalcar que, es un gran complemento al cemento, ya que puede llegar a mejorar sus características, principalmente en la resistencia del mismo y el aislamiento.
---------	---

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Más allá de estas propiedades, la fibra de coco es resistente al agua, esto se justifica en los bajos porcentajes de humedad que posee, a pesar de que la misma puede contener hasta 9 veces su peso en agua dentro de sí misma. Es por esto que, es un material recomendable para las zonas costeras.

Propiedades térmicas

Las ventajas que obtenemos al utilizar la fibra de coco como aislante térmico son:

- Resistencia al fuego
- Resistencia a condiciones climáticas extremas
- No se agrieta frente a altas temperaturas
- Es más ligero en comparación a otros materiales de construcción

Ventajas de utilizar la fibra de coco

Al utilizar la fibra de coco no solo reducimos el uso de recursos naturales como lo es la extracción de recursos en canteras para la construcción, sino que, se utiliza como materia prima estos residuos que tienen como destino convertirse en una problemática medioambiental. Por ejemplo, su uso aprovecha subproductos de la industria agrícola que, si fuera de otro modo, pueden llegar a desecharse como basura, contribuyendo a una disminución de la acumulación de residuos en vertederos.

Ilustración 4: Derivados y usos de la fibra de coco.



Fuente: Cuichan (2024)

El procesamiento y la extracción de la fibra de coco posee una menor huella de carbono si se la compara con los materiales tradicionales como el acero o el cemento.

El coco como tal, principalmente la cáscara del mismo, es un subproducto al que se lo suele descartar, es por esto que, integrarlo en la construcción contribuiría a la economía circular.

La fibra de coco puede ser combinada con distintos materiales reciclables, como por ejemplo los plásticos y/o las cenizas volantes, para poder crear compuestos sostenibles, es decir, materiales que poseen un impacto ambiental muy bajo. Si se reutilizan las cáscaras de coco, se evita que éstas sean quemadas, la cual es una práctica muy común que genera contaminación tanto del suelo como del aire.

Ilustración 5: Bioadoquines con fibra de coco y fique.



Fuente: Manizales (2019)

Al reutilizar cáscaras de coco, se evita que sean quemadas o acumuladas, prácticas que contribuyen a la contaminación del aire y el suelo. Otra de las ventajas es que, puede aplicarse en diferentes productos, como por ejemplo en ladrillos, en recubrimientos, en paneles, entre otros. Si hablamos de diseños, puede llegar a aportar un acabado ecológico y rústico, estéticamente hablando; lo cual es ideal para diseños arquitectónicos modernos y para construcciones más sostenibles.

Ilustración 6: Placas de fibra de coco.



Fuente: Abriga Nature (s.f.)

¿Qué es el cascajo?

Se entiende por cascajo al conjunto de piedras que se quiebran, generando fragmentos de la misma. En un contexto de sostenibilidad, utilizar el cascajo de ladrillo reciclado puede ser una alternativa ideal para sustituir el agregado grueso del hormigón, contribuyendo a la sustentabilidad y a la protección de los recursos naturales ante la extracción y explotación de los mismos. Es importante conocer los tipos de cascajo que existen, así como sus propiedades y los usos que se les puede dar.

Propiedades del cascajo de ladrillo reciclado

En lo que respecta a las propiedades físicas del cascajo de ladrillo reciclado, se destaca su alta porosidad, lo cual quiere decir que, tiene una gran capacidad para absorber el agua.

En cuanto a las propiedades mecánicas, posee una resistencia al desgaste, se la podría considerar como moderada, es aceptable principalmente para aquellas estructuras que no se vean sometidas a cargas altas. También, tiene una capacidad de adherencia con la matriz cementante, esto gracias a su superficie rugosa, la cual mejora la cohesión en el hormigón.

En lo que corresponde a las propiedades térmicas, gracias a su porosidad se contribuye a la baja conductividad térmica, es decir, logra reducir el impacto de calor en la estructura o edificación. Además, posee una gran capacidad de absorción de ruidos en relación a los agregados tradicionales.

Ventajas del uso de cascajo de ladrillo reciclado

Algunas de las ventajas que podemos mencionar sobre el cascajo de ladrillo reciclado son: la sostenibilidad, ya que, este material se obtiene de la reutilización de los residuos de demolición, lo cual reduce significativamente el impacto ambiental. La reducción de costos, esto se debe a que, puede resultar más económico que los agregados tradicionales, principalmente porque se los puede obtener de zonas donde

haya una buena disponibilidad de escombros. La baja densidad, es decir, es ideal para la fabricación de hormigones livianos, reduciendo de esta manera el peso de las edificaciones. La disminución de la extracción de áridos naturales, esto significa que, contribuye a la reducción de la explotación de las canteras, y, reduciendo también la contaminación ambiental.

Tipos de cascajo de ladrillo reciclado

Entre los principales tipo de cascajos de ladrillo reciclado se tiene:

El cascajo de ladrillo cocido. – Este proviene de aquellos ladrillos cerámicos que se cocen en hornos; poseen una mayor resistencia mecánica, pero una menor capacidad de absorber agua; es ideal para utilizarlo como agregado grueso en hormigones livianos.

El cascajo de ladrillo perforado. – Estos provienen de aquellos ladrillos que tienen perforaciones, usualmente se utilizan para aligerar edificaciones; Poseen una mayor porosidad, y un peso menor; es útil para utilizarlo en hormigones que sean de baja resistencia, e incluso en morteros.

El cascajo de ladrillo macizo. – Este proviene de ladrillos que no tengan perforaciones, es decir, tienen una mayor compactación; poseen una mayor resistencia mecánica y densidad; es ideal para hormigones que requieran de mejores propiedades estructurales.

El cascajo mixto. – Este tipo de cascajo es la mezcla entre el ladrillo y el concreto; posee una mayor resistencia mecánica en comparación al ladrillo puro; en ocasiones suele requerir un procesamiento riguroso para poder obtener la granulometría ideal.

El cascajo de bloques de arcilla. – Estos provienen de bloques más grandes pero que no resultan ser tan densos; poseen una alta capacidad de absorción del agua, pero una baja resistencia mecánica; es utilizado generalmente en mezclas no estructurales, y también, como relleno.

¿Qué es el hormigón liviano?

El hormigón liviano es uno de los materiales más utilizados dentro del sector de la construcción, considerado un elemento clave para el levantamiento de grandes edificaciones:

El hormigón liviano es un material adaptable para la construcción, el cual brinda distintas ventajas económicas y técnicas. Se caracteriza principalmente por estar conformado por agregado liviano, el cual posee una densidad de equilibrio entre 1440 y 2160 kg/m³, tal como lo define el ASTM C567, que es un método de ensayo para poder determinar la densidad del concreto estructural liviano. (Moraga, 2024, párr. 3)

Al tener esta propiedad, ofrece ventajas significativas como por ejemplo la reducción del peso de ciertos elementos estructurales, lo que se puede traducir a una reducción de tamaño de los mismos, de tal manera que se utilice una menor cantidad de hormigón. Gracias a su peso ligero se puede tener una transportación más fácil:

Adicionalmente, la ingeniera Karla Patiño destaca que el hormigón liviano no solo ofrece soluciones más livianas, sino que es un material con igual o mayor durabilidad que un hormigón convencional. Los agregados livianos presaturados generan un curado interno en el hormigón, lo que hace que se prolongue la hidratación del cemento haciendo una microestructura más compacta e impermeable. Esta propiedad podría traducirse en una mayor vida útil de las construcciones. Otra ventaja crucial radica en la conductividad térmica del hormigón liviano. Patiño señala que "los materiales con densidad más baja tienden a tener una menor conductividad térmica que los materiales con densidad más alta. Esto sugiere que el hormigón liviano podría ser una opción eficiente desde el punto de vista energético, especialmente en comparación con materiales más densos como el hormigón convencional. (Moraga, 2024, párr. 4-5)

Ilustración 7: Hormigón liviano.



Fuente: PAVICONJ (s.f.)

Tomando como referencia la información brindada por la ingeniera Karla, podemos destacar que, el hormigón liviano en su estado tradicional posee ciertas propiedades favorables como la conductividad térmica, ahora bien, si se sustituye el agregado fino por la fibra de coco se puede llegar a potenciar aún más esta propiedad de aislamiento térmico. Más allá de esto, el hormigón liviano con la fibra de coco puede llegar a convertirse en una alternativa sustentable ya que reduciría el uso de áridos naturales al ser reemplazados por este. Esta postura se reafirma si tomamos en cuenta que, el sector de la construcción atraviesa un déficit de áridos naturales, lo cual se convierte en un principal motivo de búsqueda de materiales sustitutos.

¿Cómo se fabrica el hormigón?

Para fabricar el hormigón se deben mezclar algunos materiales, tales como el agua, la arena, el cemento, cada una con una dosificación específica. En el caso del cemento, éste actúa como un aglutinante, el cual se encarga de unir todos los materiales, de manera que se cree una masa sólida. Con el paso del tiempo, el hormigón se va endureciendo y secando, lo cual lo va convirtiendo poco a poco en un material final robusto.

Ilustración 8: Hormigón.



Fuente: Gecopre (s.f.)

Propiedades del hormigón

Dentro de la industria de la construcción, el hormigón es uno de los elementos más importantes, considerado un pilar esencial para la infinidad de proyectos que se realizan, tales como viviendas, puentes, edificios, rascacielos, entre otros. Es por ello que, el mismo debe cumplir con ciertas características, las cuales le otorgan al hormigón ciertas propiedades que lo hacen ser un material duradero y funcional.

Propiedades mecánicas

Cuando se habla de las propiedades mecánicas del hormigón, se hace alusión a la capacidad que tiene para poder resistir y soportar fuerzas externas. Dichas propiedades son fundamentales para poder garantizar la durabilidad y la seguridad de las estructuras que se construyen a base del hormigón.

Resistencia a la compresión. – El hormigón posee una alta resistencia a la compresión, lo que quiere decir que, es capaz de soportar cargas muy pesadas, sin sufrir deformaciones.

Ilustración 9: Ensayo de resistencia a la compresión.



Fuente: Construneic (2023)

Resistencia a la tracción. – A pesar de ser fuerte a la compresión, es un poco más vulnerable a la tracción, es por ello que, en caso de requerirlo, se utiliza hormigón armado, en donde se combina el hormigón con barras de acero para poder mejorar la capacidad de resistencia a la tracción.

Ductilidad. - Por su capacidad de deformarse antes de romperse, se vuelve una buena opción para la resistencia antes cargas tanto sísmicas como cíclicas.

Propiedades físicas

Por otro lado, tenemos las propiedades físicas del hormigón, las cuales tienen relación con el comportamiento y el aspecto del hormigón frente a distintas condiciones ambientales. Estas propiedades son: la retracción del hormigón, la porosidad y la densidad.

Durabilidad. – El hormigón es un material muy duradero, incluso es muy resistente a la corrosión y a los agentes químicos, lo que lo hace un producto ideal para edificaciones a largo plazo.

Ilustración 10: Durabilidad del hormigón en ambientes costeros.



Fuente: Becosan (2021)

Aislamiento térmico y acústico. – “El hormigón posee características de aislamiento acústico y térmico que lo convierten en la mejor opción si se quiere lograr una mejora en la comodidad y en la eficiencia energética dentro de la industria de la construcción.” (La Casa del Hormigón, 2024, párr. 12)

Peso específico. – Se sabe que el hormigón es mucho más denso que los demás materiales de construcción, es por esto que se lo puede considerar un producto idóneo para aquellos proyectos que, buscan una resistencia y estabilidad al viento.

Reológicas

En este caso nos referimos tanto a la docilidad, como a la fluidez y al comportamiento del hormigón. Comprender estas propiedades es esencial para poder colocar adecuadamente el hormigón durante el proceso de la construcción.

Retracción. – Es importante estar atento al proceso de secado del hormigón con respecto al diseño de las estructuras, esto debido a que puede llegar a experimentar ligeras retracciones.

Trabajabilidad. – Gracias a la maleabilidad del hormigón cuando está fresco, se facilita la colocación del mismo en moldes, así también como su conformación en distintas formas.

Ilustración 11: Trabajabilidad del hormigón.



Fuente: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (2022)

Químicas

Las propiedades químicas de este material tienen una estrecha relación con la durabilidad, la resistencia y la capacidad que pueda tener para poder resistir ciertas reacciones químicas que resultan perjudiciales para sí mismo. Es por ello que, contar con estas propiedades es fundamental para poder garantizar a largo plazo, la integridad de las infraestructuras.

Resistencia a la corrosión. - Gracias a su resistencia ante la mayoría de agentes corrosivos y de productos químicos, el hormigón es ideal para ambientes hostiles tales como las plantas químicas.

Permeabilidad. – La permeabilidad es la capacidad que tiene el hormigón para permitir la penetración tanto del agua como de gases, y esto dependerá de la porosidad y la densidad del mismo. Para poder reducir esto, se deben realizar las mezclas con una menor cantidad de la relación agua-cemento.

Resistencia a sulfatos. – El contacto del hormigón con el agua o con sulfatos del suelo puede ocasionar el deterioro del mismo, es por esto que, la resistencia a los sulfatos es primordial para aquellos proyectos que enfrente estos desafíos.

Ilustración 12: Resistencia a sulfatos.



Fuente: 360 en Concreto (s.f.)

Térmicas

Cuando hablamos de propiedades térmicas del hormigón, nos referimos a la capacidad del mismo para poder soportar los cambios de temperatura. Contar con este tipo de propiedades es importante para poder mantener un confort en las edificaciones.

Baja conductividad térmica. – El hormigón posee una baja conductividad térmica, lo cual le proporciona una pequeña aislación térmica. La aislación térmica contribuye a que en el interior de la edificación se pueda mantener una temperatura estable.

Capacidad de almacenamiento térmico. – Cuando hablamos de una capacidad de almacenamiento térmico nos referimos a que se puede absorber y liberar calor lentamente. Esta propiedad contribuye a que el interior de las estructuras pueda mantener temperaturas más uniformes.

Aislamiento acústico. – De cierta manera, la propiedad térmica que posee el hormigón, contribuye también al aislamiento acústico de las edificaciones. Contar con un hormigón denso ocasiona una reducción con respecto a la transmisión del sonido, lo cual brinda un entorno más silencioso.

Ilustración 13: Bloques de aislación acústica.



Fuente: VIP Reformas (s.f.)

Déficit de materiales de construcción: áridos naturales

A pesar de no parecer, alrededor del mundo se está produciendo una escasez de arena que es procedente de areneras, canteras y graveras. Este material posee propiedades que la hacen útil para cualquier tipo de construcción, especialmente para la elaboración del hormigón.

Países del mundo como, por ejemplo, Singapur y Dubái, experimentan escasez de arena para obras de construcción, esto debido al incremento masivo de obras civiles, lo cual obliga a dichos países a importar este material:

El problema central es que no entendemos el material lo suficientemente bien", dice Louise Gallagher, del Observatorio Global de Arenas de Ginebra, una de las autoras del informe. "Todavía sabemos muy poco sobre las consecuencias de la extracción de arena. A veces ni siquiera sabemos de dónde viene, cuánto viene de los ríos. No tenemos ni idea. (Schauenberg, 2021, párr. 4)

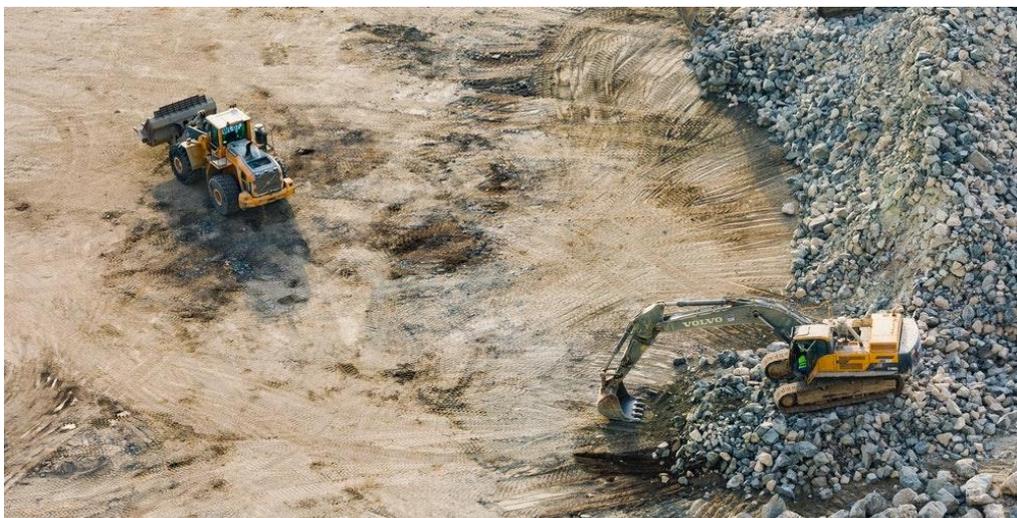
Una de las principales consecuencias de la extracción excesiva de arena es, el deterioro de los ecosistemas del que se la extraiga, generando una pérdida en su sostén. Cuando la extracción de la arena se la realiza en, o cerca de ríos, se puede llegar a alterar el curso y la forma de los ríos. También, puede causar la erosión en

orillas tanto de ríos como de lagos, lo cual conduce a la sedimentación en zonas aguas abajo:

La explotación de arena y grava se lleva a cabo en todo el mundo y representa el mayor volumen de extracción de materiales sólidos a nivel mundial. Asimismo, estas materias primas son las más consumidas en el planeta después del agua (aproximadamente un 70-80 % de los 50.000 millones de toneladas de materiales extraídos cada año). (BBVA, 2021, párr. 5)

Aunque pueda parecer que disponemos de una gran cantidad de arena por los desiertos que hay alrededor del mundo y también por la arena que encontramos en las playas, pero, este tipo de arena no es ideal para realizar obras de construcción, esto debido a que, los granos de este tipo de arena poseen bordes redondeados. A lo largo de los siglos, los granos rozan unos con otros, provocando que pierdan sus aristas, convirtiéndolos prácticamente en polvo, por ende, al mezclarse con otros materiales de construcción para obtener hormigón, tanto su resistencia como su calidad son muy inferiores en comparación al hormigón que se realiza con la arena extraída de canteras. También debemos tomar en cuenta que, las arenas marinas contienen por naturaleza, cantidades de sal, dicho elemento resulta ser perjudicial para los compuestos como el cemento y el hormigón.

Ilustración 14: Escasez de arena.



Fuente: Minería Sostenible de Galicia (2020)

Es un hecho que la demanda de arena seguirá en aumentando, mientras la población siga creciendo, se requerirán de más puentes, carreteras, edificios, y otras construcciones. Es por esto que, en algunos países del mundo se desarrollan proyectos de investigación que reemplacen la arena por otros materiales, entre ellos, el plástico, las arcillas, y las resinas de poliéster. A su vez, estas investigaciones con estos materiales innovadores, deben ser muy rigurosas en sus pruebas, y a su vez obtener los marcados CE, que es una etiqueta que evidencia el cumplimiento de seguridad y protección del medio ambiente del producto. (Galicia, 2020, párr. 1-10)

2.2 Marco Legal

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Ecuador, 2021, pág. 14)

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional. (Ecuador, 2021, pág. 14)

Sección sexta: Hábitat y vivienda. Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica. (Ecuador, 2021, pág. 18)

Capítulo séptimo: Derechos de la naturaleza. Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema. (Ecuador, 2021, pág. 35)

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permita el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado. (Ecuador, 2021, pág. 36)

Sección octava: Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales. Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir. (Ecuador, 2021, pág. 185)

Sección primera: Naturaleza y ambiente. Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la

capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. (Ecuador, 2021, pág. 188)

2. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda la actividad que genere impactos ambientales. (Ecuador, 2021, pág. 188)

3. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza. (Ecuador, 2021, pág. 188)

Sección tercera: Patrimonio natural y ecosistemas. Art. 406.- El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros. (Ecuador, 2021, pág. 191)

Art. 407.- Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular. (Ecuador, 2021, pág. 191)

2.2.2 NTE INEN 696:2011

Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, fino y grueso, por tamizado.

Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de materiales con el propósito de utilizarlos como áridos para hormigón o utilizarlos como áridos para otros propósitos. Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de

las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de áridos y mezclas que contengan áridos.

Resumen. Las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución del tamaño de partículas.

Árido grueso. El tamaño de la muestra para el ensayo de árido grueso debe cumplir con lo señalado en la siguiente tabla:

Ilustración 15: Tamaño de la muestra para ensayo del árido grueso.

TABLA 1. Tamaño de la muestra para ensayo del árido grueso

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas).	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fuente: Reyes (2022)

2.2.3 NTE INEN 1 855-2:2002

Hormigones. Hormigón preparado en obra. Requisitos.

INTRODUCCIÓN

La presente norma tiene como finalidad establecer las condiciones técnicas que garanticen la bondad y seguridad de las obras que se ejecuten con hormigón, considerando que:

El hormigón es un material de construcción que requiere conocimiento tecnológico para su elaboración, por lo cual, demanda un control técnico adecuado y oportuno;

El hormigón, al incorporarse a las obras de construcción, se transforma en un recurso importante para el país, por lo que su utilización debe garantizar bienestar, seguridad y desarrollo social duraderos.

OBJETO

Esta norma establece las especificaciones para la producción del hormigón elaborado en obra en estado fresco y no endurecido.

2.2.4 NTE INEN 3124

Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio.

El número de especímenes y el número de lotes de ensayo dependen de la práctica establecida y la naturaleza del programa de ensayo. Usualmente se da una guía en el método de ensayo o especificación para los cuales los especímenes son realizados. Generalmente deben moldearse tres o más especímenes para cada edad de ensayo y condición de ensayo a menos que sea especificado de otra manera. Los especímenes que involucren una variable dada deben ser hechos de tres lotes separados mezclados en días diferentes. Un número igual de especímenes para cada variable debe ser hecho en cualquier día dado. Las edades de ensayo usadas a menudo son 7 y 28 días para ensayos de resistencia a compresión, o 14 y 28 días para ensayos de resistencia a la flexión. Los especímenes que contienen cemento hidráulico con características de alta resistencia a temprana edad son a menudo ensayados a 1, 3, 7 y 28 días. Para edades de ensayo tardías, a menudo son usados 3 meses, 6 meses, y 1 año para ensayos de resistencia a compresión y a la flexión. Otras edades de ensayo pueden ser requeridas para otros tipos de especímenes. (Jiménez)

2.2.5 Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC)

Durabilidad del hormigón [NEC-SE-HM, 3.2]. Para poder asegurar la vida útil del hormigón de cemento hidráulico se debe tener ciertas precauciones y cuidados para llegar a la calidad suficiente del material y que este responda a las exigencias de la obra como:

- Resistencias mecánicas
- Resistencia a agentes agresivos
- Intemperie

Por lo general la propiedad más fácil de medir es la resistencia a la compresión, mediante ensayos de probetas cilíndricas. Este es un parámetro de referencia para obtener las demás propiedades mecánicas. Otro aspecto que se puede controlar en el proceso de fabricación, es la relación agua-cemento (a/c), la cual determina la resistencia del material y la protección ante agentes agresivos. Si se controla estas variables se garantizará la duración del hormigón. (NEC, 2016, pág. 11)

La evaluación y la aceptación del hormigón será de acuerdo a lo indicado en las normas NTE INEN 1855-1 y NTE INEN 1855-2, la dosificación del hormigón debe cumplir la máxima relación a/c y otros requisitos de acuerdo al elemento estructural. (NEC, 2016, pág. 11)

Propiedades mecánicas del hormigón armado [NEC-SEHM, 3.3.1]. De conformidad con la NEC, el hormigón debe cumplir con requisitos para condiciones de exposición ambiental, y satisfacer los requisitos de resistencia estructural.

Se usarán los siguientes valores de resistencia especificada a la compresión:

- Valor mínimo para el hormigón normal: $f'c = 21 \text{ MPa} = 214.07 \text{ kg/cm}^2$
- Valor máximo para elementos de hormigón liviano: $f'c = 35 \text{ MPa} = 356.78 \text{ kg/cm}^2$

Especificación de resistencia determinado mediante pruebas. La evaluación de los resultados de pruebas de resistencia del hormigón tiene en cuenta que la producción está sometida a variaciones en los componentes, medición, pruebas y resultados de los ensayos. (NEC, 2016, pág. 12)

A causa de esta variabilidad existente, se debe dosificar el hormigón de manera que se obtenga una resistencia promedio f'_{cr} muy por encima de la especificada f'_c . Esta resistencia promedio deberá calcularse con base en el análisis estadístico de la experiencia previa en la producción de hormigón o considerando un sobre diseño, cuando no se cuenta con registros estadísticos. En la tabla 10 se debe aplicar en ambos casos el valor que resulte mayor. (NEC, 2016, pág. 12)

f'_{cr} = Resistencia media requerida Mpa. Los requisitos para f'_c deben basarse en ensayos de cilindros, hecho y ensayados como se establece en la sección 9 (NEC-SE-HM). A menos que se especifique lo contrario, f'_c debe basarse en ensayos a los 28 días. Los valores más altos de la resistencia media se obtienen para hormigones sin registros estadísticos, que generalmente son los elaborados en obra y dosificados en volumen, debido a que estos presentan una mayor variabilidad por sus propios procesos de producción. (NEC, 2016, pág. 12)

Calidad del concreto. La dosificación de las mezclas de hormigón debe cumplir ciertas características como son:

- Consistencia y manejabilidad con el objetivo que la mezcla de hormigón pueda distribuirse adecuadamente a través de la armadura de refuerzo sin que existan excesos de segregación o exudación. (NEC, 2016, pág. 13)
- Resistencia en ambientes expuestos
- Cumplimiento de todos los ensayos de resistencia de hormigón.

Frecuencia de los ensayos. Los ensayos se deberán hacer por lo menos con dos cilindros tomados como muestra, no menos de una vez por día, y no menos de una vez por cada 40 m³ de hormigón o cada 200 m² de área de losa o muros. Por lo menos se debe tomar una pareja de cilindros como muestra de columnas por piso. (NEC, 2016, pág. 13)

En el caso de que el volumen de hormigón sea menor de 10 m³ puede evitarse las pruebas de resistencia a juicio del supervisor. El resultado del ensayo de resistencia de 2 cilindros será el promedio de ambos, siendo estos de la misma mezcla y ensayados a los 28 días o al tiempo que se especifique en cada caso. (NEC, 2016, pág. 14)

Ensayos de cilindros curados en laboratorio y campo. Se acepta las muestras de resistencia si se cumplen al mismo tiempo los siguientes requisitos:

- Los promedios aritméticos de tres ensayos consecutivos de resistencia sean iguales o excedan el valor nominal para f'_c . (NEC, 2016pág. 14)
- Ningún resultado individual de ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) debe tener una resistencia menor a 3.5 MPa, para hormigones de hasta 35 MPa o menor que $0.90f'_c$ para hormigones mayores a 35 MPa. (NEC, 2016, pág. 14)

En el segundo caso, si se llegase a incumplir lo estipulado y el hormigón es curado en el campo, indicaría que existen deficiencias en le curado del hormigón y por lo tanto se podrá usar los ensayos de núcleos extraídos en campo, y se deberá tomar 3 núcleos por cada ensayo que haya resultado menor a 3.5 MPa. En el caso de que la estructura vaya a trabajar en ambientes secos y en condición de servicio, los núcleos de hormigón se deben dejar secar al aire, entre 15°C y 30°C, con una humedad menor al 60%, por 7 días antes del ensayo. En el caso de que la estructura vaya a estar húmeda en su superficie, se deberá esperar 40 horas antes de ensayarse. Los núcleos son adecuados estructuralmente si el promedio de 3 de estos es por lo menos igual al 85% de f'_c , pero, además, ningún núcleo puede presentar una resistencia menor al 75% f'_c . (NEC, 2016, pág. 14)

Preparación del equipo. El equipo destinado al mezclado y transporte debe estar limpio, residuos que puedan existir en el lugar donde el hormigón será colocado deben ser retirados y estar libre de agua. Los moldes para tomas de muestra deben estar limpios, los materiales para la mampostería que estará en contacto con el

hormigón debe estar humedecida, en cuanto al acero de refuerzo debe estar libre de recubrimientos perjudiciales. (NEC, 2016, pág. 14)

Mezcla de hormigón. El tiempo de la mezcla debe ser la necesaria para tener un hormigón homogéneo con todos sus materiales; antes de volver a usar la mezcladora esta debe ser totalmente vaciada. La mezcladora debe ser operada a la velocidad recomendada por el fabricante, al usarla, el proceso de mezclado debe continuar por lo menos durante un minuto y medio luego de que todos los materiales estén dentro. (NEC, 2016, pág. 14)

Se debe llevar un registro del número de mezclas producidas, la dosificación de materiales empleados, la localización aproximada en la estructura, fecha y hora de la mezcla y la colocación. (NEC, 2016, pág. 14)

Transporte y colocación del hormigón. Para movilizar el hormigón (desde la mezcladora hasta el lugar destinado a su colocación) se debe realizar de tal manera que no se permita la segregación o desperdicio de materiales, evitando la pérdida de manejabilidad de este, por lo que se recomienda que el lugar de su colocación sea lo más cercano posible. En cuanto a la velocidad para colocar el hormigón, esta debe ser la necesaria para que permanezca en un estado plástico y pueda fluir fácilmente entre la armadura de refuerzo. (NEC, 2016, pág. 14)

Diseño de estructuras de hormigón armado. Nunca se debe agregar agua al concreto ya dosificado para “mejorar” su manejabilidad. La colocación del hormigón debe ser de manera continua en todo el elemento que se esté fundiendo. Cuando sea concreto masivo se debe tomar las precauciones necesarias debido al aumento excesivo de la temperatura. (NEC, 2016, pág. 15)

Curado del concreto. El concreto normal debe mantenerse a una temperatura por encima de los 10°C y humedecerlo para mantenerlo hidratado, por lo menos durante los 7 primeros días, contados luego de su vaciado. En el caso de hormigón de alta resistencia, se sigue los mismos parámetros, pero se lo hace durante los tres primeros días luego de su vaciado. (NEC, 2016, pág. 15)

En el contexto de este trabajo de investigación, se ha optado por realizar únicamente ensayos de compresión al hormigón liviano con la fibra de coco y el cascajo de ladrillo reciclado, partiendo con la base de que, la aplicación de este hormigón no es estructural, sino que, se utilizará para paneles de cerramiento, elementos prefabricados, entre otros. Cabe destacar que, la resistencia a la compresión es sin duda alguna la propiedad mecánica más importante para poder caracterizar los materiales, tal y como lo establece la normativa ACI 213R-14, en donde se señala que, la resistencia a la compresión sigue siendo el parámetro más utilizado cuando se trata de realizar la evaluación del desempeño del concreto liviano, tanto estructural como no estructural. (Pato, 2021)

Por otra parte, la norma ASTM C330/C330M-14 especifica que, los concretos livianos cuyo uso no sean estructurales, no requiere de evaluaciones a flexión, a no ser que, sean diseñados para funciones específicas bajo una flexión directa, característica la cual no corresponde a la propuesta de este trabajo de investigación.

También se menciona a la norma peruana E.060 Concreto Armado, normativa referente en la región andina, en donde se establece que, las evaluaciones a flexión son aplicables para los elementos de concreto que, sean sometidos a esfuerzos de tracción o flexión, por ejemplo, losas y/o vigas. Por otro lado, para materiales que estén destinados a fines no estructurales, es suficiente realizar evaluaciones de la resistencia a la compresión. (Sencico, 2019)

Por lo tanto, se considera que, realizar ensayos a flexión dentro del contexto de nuestro trabajo de investigación es innecesario desde un punto de vista normativo y técnico, y a su vez, puede representar un uso ineficiente de recursos.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)

El enfoque más adecuado para esta investigación es el cuantitativo, ya que, se busca medir y comparar de forma numérica la resistencia mecánica del hormigón tradicional frente al hormigón elaborado con fibra de coco y cascajo de ladrillo reciclado. Los objetivos implican realizar ensayos de laboratorio, analizar propiedades físicas y dosificar mezclas, actividades que requieren recolección y análisis de datos objetivos y medibles.

De todas maneras, es importante considerar las definiciones, características y usos de estos enfoques para poder determinar con fundamentos qué tipo de enfoque se asocia de mejor manera con este trabajo de investigación.

En el enfoque cuantitativo se realiza una recolección de datos para su posterior análisis, mismo que, sirve como fundamento para responder a la o las preguntas de investigación planteadas, e incluso, para probar la o las hipótesis establecidas, sosteniendo una fiabilidad en el conteo, la medición numérica y otras técnicas estadísticas. (Sampieri, 2021)

En el enfoque cuantitativo se considera que cualquier fenómeno tiene la posibilidad de ser cuantificado y medido, es por esto que, se recurre a los instrumentos estadísticos para realizar el análisis de los datos y generalizar resultados. (Tamayo, 2004)

Tomando en cuenta las definiciones según los autores, se determina que el enfoque a utilizar es el indicado tomando en consideración las técnicas e instrumentos que se utilizarán para la medición de variables y análisis de los datos a obtener según los ensayos de laboratorio, así como también del cumplimiento de los objetivos. Por ejemplo, se considera utilizar tres edades (7, 14 y 28 días) para evaluar la resistencia mecánica del hormigón liviano con fibra de coco y cascajo de ladrillo reciclado, así

mismo se plantea realizar ensayos en 2 o 3 especímenes para no depender de un solo resultado. Con esta premisa, se define el uso de datos numéricos, con lo cual, el uso del enfoque cuantitativo es justificado.

3.2 Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)

El alcance de una investigación se define como el nivel de profundidad con el que se abarca el estudio de cualquier fenómeno. Dicho alcance puede ser correlacional, descriptivo o exploratorio, y el mismo dependerá del propósito del estudio y también del nivel de conocimiento del tema. (Sampieri, 2021)

El alcance de una investigación consiste en la delimitación del propósito con el que se realizará el estudio, de manera que, se pueda establecer si la finalidad es explicar, comprender o describir la relación entre las variables del fenómeno que se va a estudiar. (Fernández, 2021)

El alcance de una investigación se refiere al nivel de profundidad con el que se trabaja una investigación en función al fenómeno al que se le realizarán los respectivos estudios, de manera que, se pueda definir qué tipo de conocimiento se generará a raíz del mismo. (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2020)

Tomando en cuenta las definiciones según los autores, se define que, el alcance de esta investigación es descriptivo, ya que se enfoca en caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón con fibra de coco y cascajo de ladrillo reciclado, así como también, comparar su comportamiento con el hormigón liviano tradicional. Cabe destacar que, no se busca explorar un fenómeno poco conocido ni establecer relaciones causales profundas, sino describir de manera detallada y objetiva el desempeño de los materiales en función de su resistencia y su composición.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

Las técnicas que tienen la finalidad de recolectar datos, son procesos que contribuyen a la obtención de información del objeto o fenómeno de estudio, por otra

parte, los instrumentos de investigación son herramientas que se utilizarán según la técnica elegida, herramientas que pueden ser: fichas de observación, cuestionarios, o entrevistas. (Cevallos & Yanchapaxi, 2021)

Las técnicas en un trabajo de investigación se definen como métodos sistemáticos cuya función es la de captar datos relevantes para el estudio a realizarse, mientras que, los instrumentos de investigación son formatos específicos que permiten ejecutar dichas técnicas definidas para el trabajo de investigación. (Gamboa, 2020)

En este trabajo de investigación se hará uso de técnicas como, por ejemplo: ensayos de laboratorio, dosificación experimental de las mezclas y el análisis comparativo de los resultados; esto con la finalidad de evaluar las propiedades del hormigón con la fibra de coco y el cascajo de ladrillo reciclado. Los instrumentos a utilizar son: una prensa hidráulica que servirá para medir la resistencia de los especímenes a la compresión, una balanza de precisión para realizar el respectivo pesaje de los materiales, moldes para la elaboración de las probetas, instrumentos de medición como reglas, hojas de registro estadístico como Excel, mismo que servirá para el procesamiento de los datos obtenidos de los ensayos.

Tabla 2: Técnica e instrumentos.

Técnica	Instrumentos
Ensayos de laboratorio	Ensayos

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

3.4 Población y muestra

La población en un trabajo de investigación es un conjunto de objetos o sujetos que poseen las características que se van a estudiar, mientras que, la muestra es la parte representativa de dicha población, la cual es seleccionada para realizar el análisis correspondiente. (Ramírez, 2020)

En un trabajo de investigación, la población es el universo de las unidades que se van a analizar, de las cuales se extrae la muestra, misma que permite la generalización de los resultados sin la necesidad de estudiar a una totalidad. (Carrasco & Salazar, 2021)

La población de esta investigación está conformada por las diferentes mezclas de hormigón liviano que pueden elaborarse con materiales tradicionales y alternativos como la fibra de coco y el cascajo de ladrillo reciclado. La muestra estará compuesta por un conjunto de probetas elaboradas en laboratorio con distintas dosificaciones, seleccionadas de manera intencional para representar tanto el hormigón tradicional como el modificado, las cuales serán sometidas a ensayos de resistencia mecánica y otras pruebas físicas.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

Para determinar qué porcentaje tanto de fibra de coco como de cascajo de ladrillo reciclado serían reemplazados por el cemento y la piedra respectivamente se tomaron bases experimentales de otras investigaciones realizadas con materiales innovadores. Por ejemplo, en el trabajo de investigación titulado “Fibra de coco y su efecto en la resistencia a la compresión simple y porosidad del hormigón” se indica que, un reemplazo desde el 0,5% hasta el 1,5% al cemento, no compromete la resistencia del hormigón, sino que, es partir del 3% en donde la resistencia del hormigón decrece notoriamente. (Cedeño, 2024)

Por otra parte, tenemos el cascajo del ladrillo reciclado, en donde la NRMCA, más conocida como la Asociación Nacional de Hormigón Premezclado, originaria de Estados Unidos, indica que, si se reemplaza hasta en un 10% de piedra por agregado reciclado, el hormigón no verá comprometida su resistencia. En el mismo artículo se pueden encontrar otros porcentajes que varían de acuerdo a cada país de Europa, teniendo desde el 10% hasta el 45% de reemplazo. (Tam, 2018)

4.1 Presentación y análisis de resultados

4.1.1 Materiales

Ilustración 16: Bandeja de aluminio.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 17: Fibra de coco.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 18: Arena.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 19: Agregado grueso.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 20: Cascajo de ladrillo reciclado.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

4.1.2 Herramientas

Ilustración 21: Tamices.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 22: Balanza digital.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 23: Balanza manual.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 24: Bandejas metálicas.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 25: Picnómetro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 26: Canastilla metálica de inmersión.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 27: Prensa hidráulica para ensayos a compresión.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 29: Transporte del material al laboratorio.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 30: Recolección del agregado grueso.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 31: Recolección del agregado fino.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 32: Limpieza del agregado fino.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 33: Pesaje de los materiales.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 34: Tamizado de los materiales.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

A medida que se va tamizando, se deben colocar los datos correspondientes a cada agregado, es decir, tanto de la arena de río como de la piedra $\frac{3}{4}$.

Ilustración 37: Pesaje de la arena en seco para las gravedades específicas.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 38: Datos de las gravedades específicas de la arena.

PROYECTO: _____ FECHA: _____

ENSAYO DE GRAVEDADES ESPECÍFICAS

MUESTRA:
 A = Peso seco en Aire
 B = Peso saturado en Aire
 C = Peso saturado en Agua

GRUESOS:
 $Bulk\ Sp. Gr. = A / (B - C)$
 $Bulk\ Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = B / (B - C)$
 $Apparent\ Sp. Gr. = A / (A - C)$
 $Absorption\ \% = [(B - A) / A] \times 100$

MUESTRA:
 A = Peso seco en Aire
 B = Peso saturado en Aire
 C = Peso saturado en Agua

GRUESOS:
 $Bulk\ Sp. Gr. = A / (B - C)$
 $Bulk\ Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = B / (B - C)$
 $Apparent\ Sp. Gr. = A / (A - C)$
 $Absorption\ \% = [(B - A) / A] \times 100$

MUESTRA: Arena
 A = 4.95
 B = 4.95
 C = 0.00

GRUESOS:
 $Bulk\ Sp. Gr. = A / (B + 500 - C) = 4.95 / (4.95 + 500 - 0) = 0.0099$
 $Bulk\ Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = 2.10$
 $Apparent\ Sp. Gr. = A / (B + A - C) = 4.95 / (4.95 + 4.95 - 0) = 0.50$
 $Absorption\ \% = [(500 - A) / A] \times 100 = 9.90$

Observaciones: _____
 Calculado por: _____

25 de junio de 2025 16:15

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 39: Datos de las gravedades específicas de la piedra $\frac{3}{4}$.

ENSAYO DE GRAVEDADES ESPECÍFICAS

PROYECTO: _____ FECHA: 25/06/2025

MUESTRA: 3/4
 A = Peso seco en Aire = 2297
 B = Peso saturado en Aire = 2308
 C = Peso saturado en Agua = 1505

GRUESOS:
 Bulk Sp. Gr. = $A / (B - C)$ Bulk Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = 2.67
 Bulk Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = $B / (B - C)$ Bulk Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = 2.67
 Apparent Sp. Gr. = $A / (A - C)$ Apparent Sp. Gr. = 2.67
 Absorption % = $[(B - A) / A] \times 100$ Absorption % = 0.65

MUESTRA: 3/0
 A = Peso seco en Aire = 2467
 B = Peso saturado en Aire = 2507
 C = Peso saturado en Agua = 1439

GRUESOS:
 Bulk Sp. Gr. = $A / (B - C)$ Bulk Sp. Gr. = 2.69
 Bulk Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = $B / (B - C)$ Bulk Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = 2.65
 Apparent Sp. Gr. = $A / (A - C)$ Apparent Sp. Gr. = 2.67
 Absorption % = $[(B - A) / A] \times 100$ Absorption % = 2.73

MUESTRA: C74.0
 A = Peso seco en Aire = 108
 B = Peso del Pícnometro con Agua = 2102
 C = Peso del Pícnometro + Agua + Material = 1562

GRUESOS:
 Bulk Sp. Gr. = $A / (B + 500 - C)$ Bulk Sp. Gr. = 2.67
 Bulk Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = $500 / (B + 500 - C)$ Bulk Sp. Gr. (Sat. Surf. Dry) = 2.53
 Apparent Sp. Gr. = $A / (B + A - C)$ Apparent Sp. Gr. = 2.65
 Absorption % = $[(500 - A) / A] \times 100$ Absorption % = 2.16

Observaciones: _____

Calculado por: _____

25 de junio de 2025 16:08

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Para poder realizar la mezcla para la fabricación de los cilindros es importante realizar el pesaje correspondiente de cada material, siendo el cemento, agregado fino, agregado grueso y agua. Una vez que se ha realizado el pesaje de los materiales se procede a realizar la mezcla de los mismos para obtener el hormigón que será colocado en los cilindros. Una vez que se tiene la mezcla lista, se procede a realizar el ensayo de asentamiento del concreto con el cono, en donde se realiza también el proceso de varillado a medida que se va colocando el hormigón; se realizan 25 varilladas por molde, con la finalidad de poder medir la disminución de la altura del cono de hormigón una vez que se lo retira del molde.

Finalmente, cuando ya se ha realizado el ensayo de asentamiento, se procede a verter la mezcla en los moldes de hormigón. Para este trabajo de investigación se realizan 9 moldes por dosificación, y por temas de la cantidad de moldes, se realizan 9 moldes por día, siendo los primeros 9 cilindros, correspondientes a la dosificación del hormigón liviano tradicional.

Ilustración 40: Pesaje del cemento para realizar la mezcla para los cilindros.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 41: Pesaje de la piedra 3/4 para realizar la mezcla para los cilindros.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 42: Pesaje del agregado fino para realizar la mezcla para los cilindros.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 43: Pesaje del agua para realizar la mezcla para los cilindros.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 44: Mezcla para los cilindros.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 45: Colocación de la mezcla en el cono.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 46: Varillado en el molde.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 47: Ensayo de asentamiento.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 48: Medición de la disminución de la altura del cono de concreto después de retirarlo del molde.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 49: Ubicación de los cilindros del hormigón liviano con los materiales tradicionales.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Después de realizar los primeros moldes, se debe esperar un día entero para el curado del hormigón. Una vez que ese día ha pasado, se deben desmoldar los

cilindros, para proceder a hacer los cilindros con las dosificaciones que incluyen los agregados de la fibra de coco y el cascajo de ladrillo reciclado.

Ilustración 50: Colocación de los cilindros.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 51: Peso del cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 52: Cilindros de la dosificación tradicional.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Para este punto se inició con la fabricación de los cilindros realizando la mezcla con el reemplazo tanto de la fibra de coco como del cascajo del ladrillo reciclado. Para esta primera dosificación se considera un 0,5% de reemplazo de la fibra de coco por el cemento y un 6% del cascajo del ladrillo reciclado por el agregado grueso, en donde realizamos los pesajes obteniendo: 18,826 kg de agregado grueso, 23,340 kg de agregado fino, 5,970 kg de cemento, 4,320 kg de agua, 0,030 kg de fibra de coco y 1,202 kg de cascajo de ladrillo reciclado.

Ilustración 53: Primer pesaje del agregado grueso.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 54: Segundo pesaje del agregado grueso.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 55: Primer pesaje del agregado fino.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 56: Segundo pesaje del agregado fino.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 57: Pesaje del cemento.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 58: Pesaje del 6% de cascajo de ladrillo reciclado para la mezcla.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 59: Pesaje del 0,5% de la fibra de coco para la mezcla.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 60: Pesaje del agua.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 61: Materiales listos para mezclar.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Al igual que en la dosificación tradicional, se realiza el ensayo de asentamiento:

Ilustración 62: Ensayo de asentamiento.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 63: Asentamiento.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 64: Varillado del hormigón en los moldes.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 65: Cilindros con la primera dosificación.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 66: Peso del cilindro con la primera dosificación.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Después de un día de fraguado, se puede evidenciar una disminución del peso del cilindro, en donde el peso del cilindro con la dosificación tradicional fue de 13,812 kg, mientras que, el del cilindro con la primera dosificación es de 12,889 kg, con lo cual, la reducción que hubo fue de 0,923 kg.

Se continua con la segunda dosificación, en donde se considera un 1% de reemplazo de la fibra de coco por el cemento y un 8% del cascajo del ladrillo reciclado por el agregado grueso, en donde realizamos los pesajes obteniendo: 18,426 kg de agregado grueso, 23,340 kg de agregado fino, 5,940 kg de cemento, 4,320 kg de agua, 0,060 kg de fibra de coco y 1,602 kg de cascajo de ladrillo reciclado.

Ilustración 67: Pesaje del agregado grueso.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 68: Pesaje del agregado fino.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 69: Pesaje del cemento.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 70: Pesaje del 8% del cascajo de ladrillo reciclado.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 71: Pesaje del 1% de la fibra de coco.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 72: Pesaje del agua.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 73: Ensayo de asentamiento.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 74: Cilindros de hormigón con la segunda dosificación.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 75: Cilindros con la segunda dosificación.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 76: Peso del cilindro con la segunda dosificación.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Después de un día de fraguado, se puede evidenciar una disminución del peso del cilindro, en donde el peso del cilindro con la dosificación tradicional fue de 13,812 kg, mientras que, el del cilindro con la segunda dosificación es de 12,367 kg, con lo cual, la reducción que hubo fue de 1,445 kg.

Se continua con la tercera dosificación, en donde se considera un 1,5% de reemplazo de la fibra de coco por el cemento y un 10% del casajo del ladrillo reciclado por el agregado grueso, en donde realizamos los pesajes obteniendo: 18,025 kg de agregado grueso, 15,560 kg de agregado fino, 5,910 kg de cemento, 4,320 kg de agua, 0,090 kg de fibra de coco y 2,003 kg de casajo de ladrillo reciclado.

Ilustración 77: Pesaje del agregado grueso.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 78: Pesaje del agregado fino.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 79: Pesaje del 10% del cascajo de ladrillo reciclado.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 80: Ensayo de asentamiento.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Por factores climáticos tuvimos que tapar los cilindros:

Ilustración 81: Cilindros de hormigón con la tercera dosificación.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Después de un día de fraguado, se puede evidenciar una disminución del peso del cilindro, en donde el peso del cilindro con la dosificación tradicional fue de 13,812 kg, mientras que, el del cilindro con la tercera dosificación es de 12,262 kg, con lo cual, la reducción que hubo fue de 1,550 kg.

Ilustración 82: Peso del cilindro con la tercera dosificación.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Tras terminar con la fabricación de los cilindros, se debe esperar a cumplir con las respectivas edades que corresponden a los 7, 14 y 28 días para poder realizar las roturas de los cilindros, es decir, los ensayos a compresión. Una vez que transcurran las respectivas edades se procede a ir al laboratorio nuevamente para efectuar los ensayos.

Se inicia con la rotura de los 3 primeros cilindros de la dosificación tradicional transcurridos los primeros siete días, con fecha del 7 de julio del presente año:

Ilustración 83: Cilindro en su base para el ensayo.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 84: Cilindro colocado en la máquina.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 85: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 86: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 87: Estado del cilindro después del ensayo.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 88: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 89: Estado del cilindro después del ensayo.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 90: Estado de los tres cilindros después de los ensayos.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Para los cilindros con las tres dosificaciones se realiza un pesaje adicional para poder obtener los valores de densidad de cada dosificación. Para realizar este procedimiento se deben realizar tres pesajes del cilindro, uno en estado seco, sumergido en agua, y saturado. De esta manera se podrá sacar el volumen, para posteriormente calcular la densidad.

Ilustración 91: Cilindros de la primera dosificación.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Para cada dosificación solo se realizará la evaluación de estos pesajes para un cilindro. Cabe mencionar que, se deben realizar los pesajes con el mismo cilindro para obtener los datos correctos de un mismo cilindro. En este caso, para la primera dosificación se elige al cilindro de nomenclatura 1.1D, que corresponde al primer cilindro de la primera dosificación.

Ilustración 92: Peso saturado del cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 93: Peso en seco del cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 94: Peso en agua del cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Una vez que ya se tienen los datos de pesaje correspondiente, se procede a realizar el cálculo de la densidad, en donde, para obtener el volumen se debe restar el valor del peso saturado y el peso del agua. Una vez que ya se tiene el volumen, se

calcula la densidad dividiendo el peso seco para el volumen, obteniendo como resultados:

Ilustración 95: Cálculo de la densidad del cilindro de la primera dosificación.

Primera Dosificación				
Peso seco	Peso en agua	Peso saturado	Volumen	Densidad
12,827	7,1	12,845	5,745	2,233

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Se procede a realizar la rotura de los cilindros de la primera dosificación transcurridos los primeros siete días, con fecha del 8 de julio del presente año:

Ilustración 96: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 97: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

De igual manera se realiza el procedimiento para calcular la densidad de un cilindro de la segunda dosificación. En este caso se elige el cilindro 2.2D:

Ilustración 98: Cilindro 2.2D para cálculo de la densidad.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Una vez realizado el respectivo pesaje del cilindro en estado seco, en agua y saturado, se calcula la densidad, obteniendo los siguientes datos:

Ilustración 99: Cálculo de la densidad del cilindro de la segunda dosificación.

Segunda Dosificación				
Peso seco	Peso en agua	Peso saturado	Volumen	Densidad
12,316	2,214	12,318	10,104	1,219

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Se procede a realizar la rotura de los cilindros de la segunda dosificación transcurridos los primeros siete días, con fecha del 9 de julio del presente año:

Ilustración 100: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 101: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 102: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner, (2025)

Ilustración 103: Estado de los tres cilindros después de los ensayos.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Por último, se realiza el procedimiento para calcular la densidad de un cilindro de la tercera dosificación. En este caso se elige el cilindro 2.3D:

Ilustración 104: Cilindro 2.3D para cálculo de la densidad.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Una vez realizado el respectivo pesaje del cilindro en estado seco, en agua y saturado, se calcula la densidad, obteniendo los siguientes datos:

Ilustración 105: Cálculo de la densidad del cilindro de la tercera dosificación.

Tercera Dosificación				
Peso seco	Peso en agua	Peso saturado	Volumen	Densidad
12,389	2,236	12,404	10,168	1,218

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Se procede a realizar la rotura de los cilindros de la tercera dosificación transcurridos los primeros siete días, con fecha del 10 de julio del presente año:

Ilustración 106: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 107: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 108: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Al término de las primeras roturas a los 7 días, se procede a realizar la rotura de los cilindros de la dosificación tradicional transcurridos los primeros catorce días, con fecha del 14 de julio del presente año:

Ilustración 109: Cilindros de la dosificación tradicional a los 14 días.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 110: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 111: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



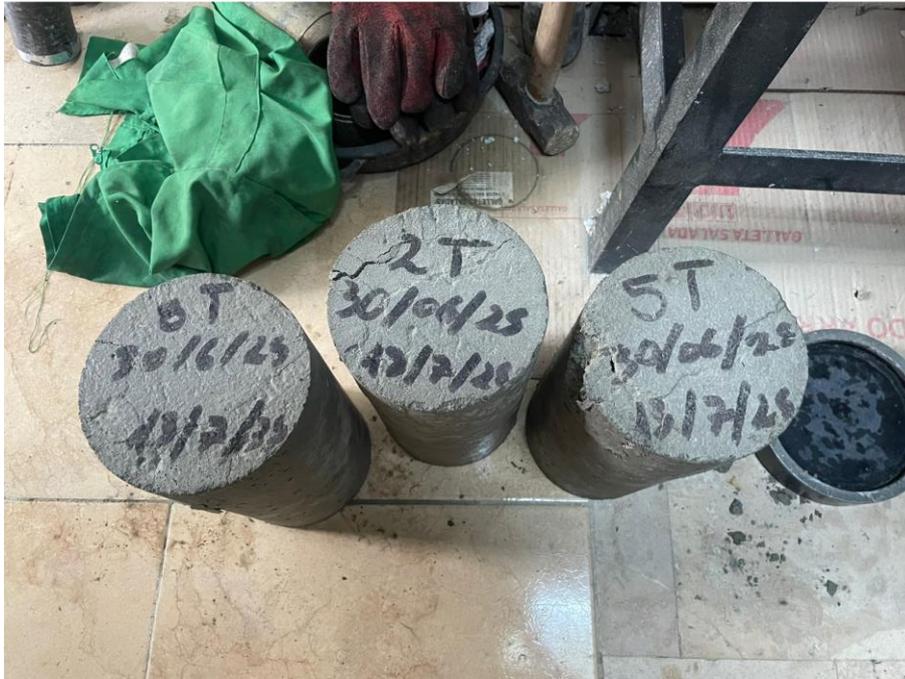
Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 112: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 113: Estado de los cilindros después de los ensayos.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Se procede a realizar la rotura de los cilindros de la primera dosificación transcurridos los primeros catorce días, con fecha del 15 de julio del presente año:

Ilustración 114: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 115: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 116: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Se procede a realizar la rotura de los cilindros de la segunda dosificación transcurridos los primeros catorce días, con fecha del 16 de julio del presente año:

Ilustración 117: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 118: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 119: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Se procede a realizar la rotura de los cilindros de la tercera dosificación transcurridos los primeros catorce días, con fecha del 17 de julio del presente año:

Ilustración 120: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 121: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 122: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Al término de las primeras roturas a los 14 días, se procede a realizar la rotura de los cilindros de la dosificación tradicional transcurridos los primeros veintiocho días, con fecha del 28 de julio del presente año:

Ilustración 123: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 124: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 125: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 126: Estado de los cilindros después de las roturas.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Se procede a realizar la rotura de los cilindros de la primera dosificación transcurridos los primeros veintiocho días, con fecha del 29 de julio del presente año:

Ilustración 127: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 128: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 129: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 130: Estado de los cilindros después de las roturas.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Se procede a realizar la rotura de los cilindros de la tercera dosificación transcurridos los primeros veintiocho días, con fecha del 30 de julio del presente año:

Ilustración 131: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 132: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 133: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 134: Estado de los cilindros después de las roturas.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Se procede a realizar la rotura de los cilindros de la tercera dosificación transcurridos los primeros veintiocho días, con fecha del 31 de julio del presente año:

Ilustración 135: Resultados del ensayo del primer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 136: Resultados del ensayo del segundo cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 137: Resultados del ensayo del tercer cilindro.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 138: Estado de los cilindros después de las roturas.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Los ensayos han sido realizados en su totalidad, ahora en las hojas de cálculo de Excel se han colocado los resultados con sus respectivas conversiones de MPA a kg/cm² para determinar si los cilindros que cumplen con la resistencia de 140 kg/cm².

Ilustración 139: Excel con los resultados de los cilindros de la dosificación tradicional.

Cilindros tradicionales			
7 DIAS	7/7/2025		
	Mpa	kg/cm2	%de resistencia
1T	4,930	50,272	0,359
4T	7,130	72,706	0,519
7T	7,07	72,094	0,515
14 DIAS	14/7/2025		
2T	8,020	81,782	0,584
5T	10,380	105,847	0,756
8T	10,400	106,051	0,758
28 DIAS	28/7/2025		
3T	13,570	138,376	0,988
6T	14,150	144,290	1,031
9T	15,080	153,774	1,098

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 140: Excel con los resultados de los cilindros de la primera dosificación.

1D			
0.5% FIBRA DE COCO / 6% CASCAJO DE LADRILLO			
7 DIAS	8/7/2025		
	Mpa	kg/cm2	%de resistencia
1.1D	6,42	65,466	0,468
2.1D	10	101,972	0,728
3.1D	4,91	50,068	0,358
14 DIAS	15/7/2025		
1.1D	10,66	108,702	0,776
2.1D	14,89	151,836	1,085
3.1D	6,69	68,219	0,487
28 DIAS	29/7/2025		
1.1D	13,97	142,455	1,018
2.1D	16,74	170,701	1,219
3.1D	9,94	101,360	0,724

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 141: Excel con los resultados de los cilindros de la segunda dosificación.

2D			
1% FIBRA DE COCO / 8% CASCAJO DE LADRILLO			
7 DIAS	9/7/2025		
	Mpa	kg/cm2	%de resistenci
1.2D	2,81	28,654	0,205
2.2D	3,18	32,427	0,232
3.2D	4,48	45,683	0,326
14 DIAS	16/7/2025		
1.2D	3,61	36,812	0,263
2.2D	5,32	54,249	0,387
3.2D	6,45	65,772	0,470
28 DIAS	30/7/2025		
1.2D	4,61	47,009	0,336
2.2D	6,741	68,739	0,491
3.2D	8,6	87,696	0,626

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Ilustración 142: Excel con los resultados de los cilindros de la tercera dosificación.

3D			
1.5% FIBRA DE COCO / 10% CASCAJO DE LADRILLO			
7 DIAS	10/7/2025		
	Mpa	kg/cm2	%de resister
1.3D	5,55	56,594	0,404
2.3D	5,04	51,394	0,367
3.3D	5,5	56,085	0,401
14 DIAS	17/7/2025		
1.3D	7,21	73,521812	0,525
2.3D	6,41	65,364052	0,467
3.3D	8,02	81,781544	0,584
28 DIAS	31/7/2025		
1.3D	10,28	104,827	0,749
2.3D	9,45	96,364	0,688
3.3D	10,37	105,745	0,755

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Los cilindros que cumplieron con una resistencia de 140 kg/cm² o más fueron el sexto y el noveno cilindro de la dosificación tradicional de la rotura a los 28 días, con una resistencia de 144,290 kg/cm² y 153,774 kg/cm² respectivamente. Mientras que, para la primera dosificación, el segundo cilindro de la rotura a los 14 días cumplió con una resistencia de 151,836 kg/cm², y también, el primer y el segundo cilindro de

la rotura a los 28 días con una resistencia de 142,455 kg/cm² y 170,701 kg/cm² respectivamente.

Por otra parte, los cilindros de la segunda dosificación son los que poseen la menor resistencia a compresión, siendo la resistencia más alta la del tercer cilindro de la rotura a los 28 días con una resistencia de 87,696 kg/cm². Lo mismo sucede con los cilindros de la tercera dosificación, en donde el cilindro con la mayor resistencia es la del tercer cilindro de la rotura a los 28 días con una resistencia de 105,745 kg/cm².

CONCLUSIONES

Gracias al desarrollo experimental realizado en la presente investigación, se concluye que, el objetivo principal que consistía en comparar la resistencia a compresión entre el hormigón liviano tradicional y el hormigón elaborado con fibra de coco y cascajo de ladrillo reciclado fue plenamente alcanzado.

Los resultados de los ensayos realizados para las edades de 7, 14 y 28 días lograron evidenciar diferencias notorias entre las dosificaciones. El hormigón tradicional obtuvo las mayores resistencias, no obstante, hubo ciertos cilindros de la primera dosificación que sí proporcionaron resultados favorables.

La primera dosificación que, consistía en un reemplazo de la fibra de coco al 0,5% del cemento, y el cascajo de ladrillo reciclado al 6% del agregado grueso, logró una resistencia a la compresión superior a 140 kg/cm² en algunos de sus cilindros, uno a los 14 días, y dos a los 28 días. Dichos resultados evidencian que, la utilización de materiales alternativos es viable siempre y cuando las proporciones de reemplazo sean controladas. Por ejemplo, en el caso de la segunda y tercera dosificación que correspondían a porcentajes de reemplazo más elevados, evidenciaron una disminución en la resistencia del hormigón, lo que da como conclusión que, el aumento en exceso de estos materiales alternativos puede afectar considerablemente la estructura del hormigón.

Finalmente, esta investigación permite validar la utilización de residuos inorgánicos como la fibra de coco, y materiales reciclables como el cascajo de ladrillo reciclado, siempre y cuando se evalúen los porcentajes de reemplazo. Los resultados presentados logran sentar bases para la realización de futuras investigaciones que hagan un análisis más profundo en el comportamiento mecánico del hormigón, con la finalidad de ampliar sus aplicaciones en el sector constructivo.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda la realización de futuros estudios que, utilicen porcentajes menores a los que se utilizaron, ya que, se pudo evidenciar que el incremento de las proporciones de los materiales alternativos, afecta negativamente a la resistencia del hormigón.

Se recomienda también, realizar los ensayos con muestras más amplias de cilindros para cada dosificación, esto con la finalidad de obtener resultados estadísticamente sólidos y amplios. También, se sugiere incorporar otros ensayos como por ejemplo el de tracción, de manera que se pueda evaluar el comportamiento del hormigón con los materiales alternativos.

También, se recomienda realizar estudios con respecto a la durabilidad del hormigón con materiales alternativos a largo plazo, especialmente en ambientes costeros y agresivos. También se puede considerar el estudio del comportamiento acústico y térmico de este tipo de hormigón.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 360 en Concreto. (s.f.). *360 en Concreto*. CONCRETOS RESISTENTES A SULFATOS: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/concretos-resistentes-a-sulfatos/>
- Abriga Nature. (s.f.). *Abriga Nature*. Fibra de coco natural: <https://www.abriganature.com/fibra-de-coco-natural---placas-1250x625mm-12.html>
- Alava Ullauri, J. A., & López Mero, L. M. (jun de 2022). Universidad San Gregorio de Portoviejo. *Estudio de Factibilidad del Uso de la Fibra de Coco para la Elaboración de Mampuesto*. <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/2852/1/ARQ-C2022-001.pdf>
- Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. (ene de 2022). *Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón*. ¿Qué es la trabajabilidad y por qué no se la puede medir?: <https://www.aath.org.ar/que-es-la-trabajabilidad-y-porque-no-se-la-puede-medir/>
- BBVA. (21 de ene de 2021). *BBVA*. La extracción de arena comienza a ser un problema mundial: estos son los motivos: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/la-extraccion-de-arena-comienza-a-ser-un-problema-mundial-estos-son-los-motivos/>
- Becosan. (21 de jul de 2021). *Becosan*. Durabilidad del hormigón: <https://www.becosan.com/es/durabilidad-del-hormigon/>
- Buechel, T. (05 de ago de 2019). *PT Growers and Consumers*. Fibra de coco: un componente de los medios de cultivo: <https://www.pthorticulture.com/es-us/centro-de-formacion/fibra-de-coco-un-componente-de-los-medios-de-cultivo>
- Carrasco, R., & Salazar, K. (2021). *Diseño metodológico para la investigación científica*. Universidad Técnica de Ambato.
- Cedeño Vélez, J. N., Vines Macías, J. P., & Guerra Mera, J. C. (2024). *Polo del Conocimiento*. Fibra de coco y su efecto en la resistencia a la compresión simple y porosidad del hormigón: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6475>
- Cedeño, J. (19 de ene de 2024). *Fibra de coco y su efecto en la resistencia a la compresión simple y porosidad del hormigón*. Polo del conocimiento: https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6475/html?utm_source=chatgpt.com

- Cevallos, J., & Yanchapaxi, M. (2021). *Manual de técnicas e instrumentos de investigación*. Manabí: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Collantes Quiñones, N., & Julca Cruz, N. (2024). *Universidad Señor de Sipán*. Comportamiento mecánico del concreto incorporando cenizas de carbón y fibras de coco: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/13201>
- Construneic. (17 de feb de 2023). *Construneic*. Ensayo de Resistencia a la compresión: <https://construneic.com/concreto-armado/ensayo-de-resistencia-a-la-compresion/>
- Cuichan, D. (12 de may de 2024). *Slideshare*. FIBRA DE COCO Y SUS DERIVADOS PARA CONSTRUCCIÓN: <https://es.slideshare.net/slideshow/fibra-de-coco-y-sus-derivados-para-construccion-pdf/268177198#10>
- Ecuador, C. d. (25 de ene de 2021). *Constitución del Ecuador*. Constitución de la República del Ecuador: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Fernández, J. (2021). *Técnicas de investigación científica*. Trillas.
- Galicia, S. (01 de oct de 2020). *Mundo Sostenible de Galicia*. El mundo se está quedando sin arena: <https://minariasostenible.gal/es/el-mundo-se-esta-quedando-sin-arena/>
- Gamboa, S. (2020). *Metodología de la investigación científica*. UTPL.
- Gecopre. (s.f.). *Gecopre*. Hormigón de limpieza: qué es, cómo se prepara, para qué sirve, cuánto tarda en secar y ventajas: <https://gecopre.es/hormigon-de-limpieza/>
- Haiman El Troudi. (28 de jul de 2021). *Haiman El Troudi*. Innovaciones con la cáscara de coco a favor del ambiente: <https://haimaneltrouidi.com/innovaciones-con-la-cascara-de-coco-a-favor-del-ambiente/>
- Jiménez, K. (s.f.). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Nte Inen 3124 PDF: <https://es.scribd.com/document/382099116/n-te-inen-3124-pdf>
- La Casa del Hormigón. (14 de feb de 2024). *La Casa del Hormigón*. Propiedades del hormigón: todo lo que debes saber: <https://lacasadehormigon.es/blog/cuales-son-propiedades-del-hormigon/>
- Manizales. (21 de ago de 2019). *Universidad Nacional de Colombia*. Bioadoquines con fibras de coco y fique, nueva apuesta en construcción:

<https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/bioadoquines-con-fibras-de-coco-y-fique-nueva-apuesta-en-construccion>

Minería Sostenible de Galicia. (01 de oct de 2020). *Minería sostenible de Galicia*. El mundo se está quedando sin arena: <https://minariasostible.gal/es/el-mundo-se-esta-quedando-sin-arena/>

Molina Osejos , J. V., & Aulestia Altamirano, A. I. (ago de 2020). *Repositorio Digital Universidad Internacional SEK*. Análisis de factibilidad del uso de fibra de coco en la fabricación de ladrillos de cemento para construcciones de vivienda en el Ecuador: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3907>

Moraga, V. (31 de ene de 2024). *Centro UC Innovación del Hormigón*. ¿Qué es el hormigón liviano? Principales desafíos, ventajas y oportunidades: <https://centrohormigon.uc.cl/actualidad/reportajes/797-que-es-el-hormigon-liviano-principales-desafios-ventajas-y-oportunidades>

NEC. (sep de 2016). *NEC 2015*. Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/GUIA-2-HORMIGON-ARMADO-.pdf>

Pato, P. (10 de nov de 2021). *213r 14-guide-for-structural-lightweight-aggregate-concrete*. Slide Share: <https://es.slideshare.net/slideshow/213r-14guideforstructurallightweightaggregateconcrete/250623382>

PAVICONJ. (s.f.). *PAVICONJ*. Hormigón ligero liviano: <https://www.paviconj-es.es/noticias/hormigon-ligero/>

Ramírez, C. (2020). *Fundamentos de investigación científica*. Académica Española.

Sampieri, R. H. (2021). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: McGraw-Hill.

Schauenberg, T. (17 de may de 2021). *DW*. ¿Nos estamos quedando sin arena?: <https://www.dw.com/es/la-sed-imparable-de-arena-la-gente-pierde-sus-playas-y-la-naturaleza-su-protecci%C3%B3n/a-57561540>

SENCICO. (2019). *NORMA E.060 CONCRETO ARMADO*. SENCICO: <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>

Sostenible, A. (11 de jul de 2022). *Arquitectura Sostenible*. El coco como aislante termoacústico natural: <https://arquitectura-sostenible.es/coco-aislante-termoacustico-natural/>

- Tam, V. (30 de may de 2018). *Una revisión del agregado reciclado en aplicaciones de hormigón (2000-2017)*. Science Direct:
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818307451?utm_source=chatgpt.com
- Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2020). *Guía de investigación*.
Universidad Nacional Abierta y a Distancia: <https://repository.unad.edu.co>
- Vera Sánchez, D., Navarro Gómez, H. I., Rodríguez Álvarez, C., & Cerón Carballo, J. E. (14 de nov de 2024). *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*. Mejora del Concreto Estructural con Fibras de Coco: Enfoque Sostenible:
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/13451>
- Vilela, J. (oct de 2020). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador. *Sensibilización sobre la importancia del manejo de desechos de estopa de cocotero frente al cambio climático. Caso de estudio manglar de la REMACAM, en las comunidades Pampanal de Bolívar y Tambillo*. Quito.
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/16794/2/TFLACSO-2020JJVE.pdf>
- VIP Reformas. (s.f.). *VIP Reformas*. Consejos para lograr el aislamiento acústico de viviendas de todo tipo: <https://www.vipreformas.es/blog/consejos-para-lograr-el-aislamiento-acustico-de-viviendas-de-todo-tipo/>

ANEXOS

Anexo 1: Secado de la fibra de coco.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 2: Fibra de coco seca.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 3: Colocando la fibra en el molde.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 4: Revisando la fibra con el ingeniero del laboratorio.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 5: Datos de las roturas.

Roturas	Pura estirada	
	P	E
28/07 (Tradicional)		
1 = 13,163	250,0	144,5
2 = 13,645	239,8	135,7
3 = 13,927	266,4	150,8
29/07 (1D)		
1 = 13,201	246,8	139,7
2 = 12,974	295,9	167,4
3 = 13,212	175,6	99,4
30/07 (2D)		
1 = 11,910	81,4	46,1
2 = 12,280	118,6	67,1
3 = 12,409	151,9	86,0
28/07	29/07	30/07
2 = 2,905	1 = 2,825	1 = 2,525

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 6: Pesaje de los cilindros en seco.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 7: Datos de rotura.

Rotura y Resaje 31/07

Saturado

1 = 12,882
2 = 12,366
3 = 12,389

Em agua

1 = 2,626

Seco

1 = 12,867
2 = 12,349
3 = 12,370

	P	E
1 =	181,6	102,8
2 =	167,1	94,5
3 =	183,2	103,7

VEOLIA

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 8: Datos de todos los ensayos.

Ulise Lindero - Jessica Spooon

Tratamiento	Fecha	Replicados	Medida	Valor	Suma	Promedio	
1	30-06-25	07	07	25	7	87.2	
		14	07	25	14	141.8	
		28	07	25	28	250.0	
	30-06-25	07	07	25	7	126.0	
		14	07	25	14	183.4	
		28	07	25	28	239.9	
	30-06-25	07	07	25	7	124.9	
		14	07	25	14	103.7	
		28	07	25	28	103.7	
1D	01-07-25	08	07	25	7	113.5	
		15	07	25	14	159.5	
		29	07	25	28	246.8	
	45% fibra de coco	01-07-25	08	07	25	7	172.7
			15	07	25	14	203.5
			29	07	25	28	295.9
	60% Cascajo de lardilla	01-07-25	08	07	25	7	86.8
			15	07	25	14	109.3
			29	07	25	28	175.6
2D	02-07-25	09	07	25	7	44.7	
		16	07	25	14	63.8	
		30	07	25	28	81.4	
	45% fibra de coco	02-07-25	09	07	25	7	56.3
			16	07	25	14	93.9
			30	07	25	28	118.6
	80% Cascajo de lardilla	02-07-25	09	07	25	7	27.1
			16	07	25	14	114
			30	07	25	28	151.9
3D	03-07-25	10	07	25	7	78.1	
		17	07	25	14	109.3	
		31	07	25	28	181.6	
	45% fibra de coco	03-07-25	10	07	25	7	89.0
			17	07	25	14	121.4
			31	07	25	28	167.1
	100% Cascajo de lardilla	03-07-25	10	07	25	7	97.2
			17	07	25	14	141.7
			31	07	25	28	193.2

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 9: Picando el ladrillo reciclado.



Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 11: Conversión de MPA a kg/cm2.

Conversion	1MPa	=	10.1972 kgf/cm ²
Cilindros Tradicionales			
7 DIAS	Mpa	kg/cm ²	%de resistencia
1T	4.930	50.272	0.359
4T	7.130	72.706	0.519
7T	7.07	72.094	0.515
14 DIAS			
2T	8.020	81.782	0.594
5T	10.300	105.847	0.756
8T	10.400	106.051	0.756
28 DIAS			
3T	13.570	138.376	0.988
6T	14.150	144.290	1.031
9T	15.000	153.774	1.098
10			
7 DIAS	Mpa	kg/cm ²	%de resistencia
1.1D	6.42	65.466	0.468
2.1D	10	101.972	0.728
3.1D	4.91	50.068	0.358
14 DIAS			
1.1D	10.66	108.702	0.776
2.1D	14.89	151.836	1.085
3.1D	6.69	68.219	0.487
28 DIAS			
1.1D	13.97	142.455	1.018
2.1D	16.74	170.701	1.219
3.1D	9.94	101.360	0.724
20			
7 DIAS	Mpa	kg/cm ²	%de resistencia
1.2D	2.81	28.654	0.205
2.2D	3.18	32.427	0.232
3.2D	4.48	45.683	0.326
14 DIAS			
1.2D	3.61	36.812	0.263
2.2D	5.32	54.249	0.387
3.2D	6.49	65.772	0.470
28 DIAS			
1.2D	4.61	47.009	0.336
2.2D	6.741	68.739	0.491
3.2D	8.6	87.696	0.626
30			
7 DIAS	Mpa	kg/cm ²	%de resisten
1.3D	5.55	56.594	0.404
2.3D	5.04	51.394	0.367
3.3D	5.5	56.098	0.407
14 DIAS			
1.3D	7.21	73.521812	0.525
2.3D	6.41	65.364052	0.467
3.3D	8.02	81.781544	0.584
28 DIAS			
1.3D	10.28	104.827	0.749
2.3D	9.45	96.364	0.688
3.3D	10.37	105.745	0.755

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 13: Granulometría.

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO



Proyecto : TERS - CIUDAD CARDENAS - JOSAS SPOONER
Fecha: 25 de Julio de 2025
Ubicación: CANTERA IVA SAUTRE
Contratista:
Material: Arena 3/4"
Fiscalizador:
Administrador:

PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALEMENTE SECO (EN EL AIRE)	A	4000,00
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALEMENTE SECO (SUMERGIDO)	B	2000
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	$C = (A - B)$	2000,00
PESO DE MATERIAL SECO	D	3974,00
VOLUMEN DE LA MASA	$E = C - (A - D)$	2386,00
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA)	D/C	2,855
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA)	A/C	2,874 *
PESO APARENTE (BASE SECA)	D/E	2,909
ABSORCIÓN	$(A - D)/D \times 100$	0,85

Observaciones: Normas de ensayo ASTM C-127; AASHTO T-85.

* El valor de la gravedad específica obtenido por medio de esta fórmula es el que generalmente se utiliza en los cálculos de mezclas.



CBLA LAS CIUDADES MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 099629004 - 043597136

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 14: Granulometría.

Paco Alcócer
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

Peso Volumétrico Suelto, Variado del
Agregado Grueso

Proyecto : TESIS - JUANES CÁRDENAS - JOSAS SPOONER
Fecha: 23 de junio de 2025
Ubicación: CARRETERA VÍA SAL/78E
Contratista:
Material : Arietas 3/4" Focalizador:
Administrador:

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS)

Ensayo	#	1	2	3
Volumen de Molde	m3	0.009331018	0.009331018	0.009331018
Peso de Molde	Kg	3.820	3.820	3.820
Peso del Agregado + Molde	Kg	17.954	18.477	17.722
Peso del Agregado	Kg	14.084	14.657	13.902
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1509	1577	1490
Promedio			1523	Kg/m3

PESO VOLUMÉTRICO VARIADO (PVV)

Ensayo	#	1	2	3
Volumen de Molde	m3	0.009331018	0.009331018	0.009331018
Peso de Molde	Kg	3.820	3.820	3.820
Peso del Agregado + Molde	Kg	18.913	18.724	18.714
Peso del Agregado	Kg	15.095	14.904	14.894
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1618	1597	1596
Promedio			1604	Kg/m3

Observaciones: Normas de Referencia: ASTM C29; AASHTO T19



CDLA. LAS OROQUENAS MZ. 1817 VILLA. 30
CELULAR: 0986629004 - 042897136

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 15: Granulometría.

Paco Alcazar
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO



Proyecto : TESIS - LUIS CARDENAS - JOSIA SPOONER

Ubicación : CANTERA VIA SAUTRE

Fecha : 24 de Julio de 2025

Materia: Arena de Rio

Controlador:

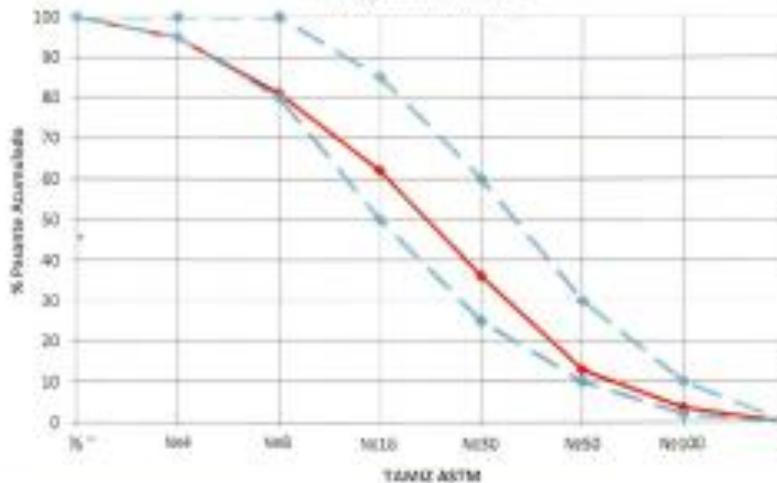
Realizador:

Administrador:

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIONES ASTM C-39
N°	0	0	0,00	0,00	100,00	100
N#4	100,00	100,00	5,00	5,00	95,00	95 - 100
N#8	270,00	370,00	13,00	18,00	81,10	80 - 100
N#16	302,00	670,00	19,10	38,00	62,00	50 - 85
N#30	513,00	1183,00	25,75	63,75	36,25	25 - 60
N#50	404,00	1587,00	21,20	85,35	14,65	10 - 30
N#100	188,00	1769,00	9,40	95,35	4,65	2 - 10
Fondo	75,00	2000,00	3,65	100,00	0,00	
TOTAL	2000,00					

MP= 2,09

CURVA GRANULOMÉTRICA



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

Recipiente No	Peso muestra húmeda + recipiente gr	Peso muestra seca + recipiente gr	Peso de agua gr	Peso de recipiente gr	Peso muestra seca gr	Contenido de humedad %
07	276,7	271,7	6,50	6,7	285,00	2,45

LABORATORIO DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Paco Alcazar
Paco Alcazar

CDLA. LAS ORQUÍDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629604 - 042897136

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 16: Granulometría.

Paco Alcózar
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

PESO ESPECÍFICO DEL ABRIGADO FINO

Proyecto : TESIS - LUIS Cárdenas - JOSAF SPOONER
Fecha: 25 de junio de 2025
Ubicación: CANTERA VIA SALTE
Controlador:
Fiscalizador:
Material: Arena de río
Administrador:

PESO FRASCO (CALIBRADO CON AGUA)	A	541,89
PESO FRASCO (CALIBRADO CON AGUA) + PESO MATERIAL	B	1827,40
PESO FRASCO + AGUA + MATERIAL S.S.S. (EXTENDIDO EL AIRE)	C	1629,40
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	$D = (B-C)$	188,0
PESO DE MATERIAL SECO	E	488,0
VOLUMEN DE LA MASA	$F = D \cdot (\text{PESO MATERIAL S.S.S.})$	176,0
PESO ESPECÍFICO BULK (BASE SECA)	E/D	2,596
PESO ESPECÍFICO BULK (BASE SATURADA)	MAT. S.S.S.D	2,660*
PESO APARENTE (BASE SECA)	E/F	2,773
ABSORCIÓN	$(A-E)/E \times 100$	2,46

Observaciones: Normas de ensayo ASTM C-224 ; AASHTO T- 84

* El valor de la gravedad específica obtenido por medio de esta fórmula es el que generalmente se usa en los cálculos de mezclas.



CDLA. LAS ORQUÍDEAS #2, 1007 VILLA, 39
CELULAR: 9998829884 - 042897138

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 17: Granulometría.

Paco Alcazar
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

Peso Volumétrico Suelto del
Agregado fino



Proyecto: TISE - LUIS CARDENAS - JOSAS SPOONER
Ubicación: CARTEERA VM SAJONÉ
Material: ARENA DE RIO
Fecha: 26 de junio de 2025
Contratista:
Fiscalizador:
Administrador:

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS)

Ensayo	#	1	2	3
Volumen de Molde	m3	0,002776	0,002776	0,002776
Peso de Molde	Kg	3,820	3,830	3,830
Peso del Agregado + Molde	Kg	8,838	8,611	8,600
Peso del Agregado	Kg	5,038	4,791	4,800
Peso Unitario Suelto	Kg/m3	1815	1726	1740
Promedio			1760	Kg/m3

Observaciones:



CDLA. LAS ORCADEAS #2. 1937 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 942857138

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 18: Granulometría.

Paco Aicozer
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE HORMIGÓN



Proyecto: RESE - ILISES CARDENAS - JOSAS SPOONER

Fecha: 28 de junio de 2023

Localización: CANTERA VMA SALINA

Controlado:
Revisado:

DATOS DE LABORATORIO

AGREGADO GRUESO					
Peso Vol. Suelto Kg/m ³	Peso Pórtland Kg/m ³	Den. Vol. Suelto Kg/m ³	ABSORCIÓN %	Tem. Máx. Hum. °C	FUENTE DE MATERIA
1327	1664	2574	3.43	21.7	

AGREGADO FINO					
Peso Vol. Suelto Kg/m ³	Den. Vol. Suelto Kg/m ³	ABSORCIÓN %	Grados de Hum. °C	FUENTE DE MATERIA	
1768	2360	2.46	20.9		

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS					
Resistencia	= 3 - 20	MPa	Contenido de aire	= 2.0	%
Resistencia esbofórica f _{cr}	= 140.8	Kg/cm ²	Cantidad de agua	= 191.6	kg
Resistencia esbofórica f _{cr}	= 210.0	Kg/cm ²	Cantidad de cemento	= 270.8	Kg
Factor de estado de flujo	= 3.888		Rel. Agua cemento (A/C)	= 3.73	
			Densidad del cemento	= 3100	Kg/m ³

CALCULO

VOLUMEN PARA 1m ³ DE HORMIGÓN		
Agua	= 191.6	= 191.6 / 1000 = 0.1916 m ³
Cemento	= 270.8	= 270.8 / 3100 = 0.0874 m ³
Aire	= 2.0	= 0.002 m ³
Piedra	= 1664.0 x 0.967	= 1608.0 m ³
Volumen total		= 1.283 m ³
Agrego	= 1 / 0.2135	= 4.684 m ³

RESE EN Kg PARA 1m ³ DE HORMIGÓN		
Agua	= 191.6	= 191.6 Kg
Cemento	= 270.8	= 270.8 Kg
Piedra	= 1604.0 x 0.967	= 1551.2 Kg
Agrego	= 2663.0 x 0.967	= 2574.1 Kg
Peso total		= 5327.7 Kg

RESE VOLUMÉTRICO DEL HORMIGÓN		
Agua	= 191.6	= 191.6 lpm
Cemento	= 270.8	= 270.8 lpm
Piedra	= 1604.0 x 1.004	= 1612.8 lpm
Agrego	= 1028.0 x 1.004	= 1032.3 lpm
Peso total		= 3426.7 lpm

RESE EN Kg. PARA 50 SACOS DE CEMENTO		
Agua	= 191.6	= 3.47 = 36.5 Kg
Cemento	= 270.8	= 3.47 = 35.0 Kg
Piedra	= 1604.0	= 3.47 = 106.9 Kg
Agrego	= 1028.0	= 3.47 = 79.2 Kg

VOLUMEN LÍQUIDO PARA UN SACO DE CEMENTO		
Piedra	= 166.4	= 166.4 / 1000 = 0.1664 m ³
Agrego	= 166.4	= 166.4 / 1000 = 0.1664 m ³

CALCULO POR CASQUETAS		
0.48 x 0.48 x 0.20m = 0.037 m ³		
Piedra	= 0.1096	= 0.037 = 3.42
Agrego	= 0.1168	= 0.037 = 3.43

DOSIFICACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN

ALTERNATIVA 1		
f _{cr}	= 210.0	Kg/cm ²
Cemento	= 30.0	Kg
Agua	= 36.0	lit
Piedra	= 3.37	Ca(OH) ₂ x 40 + 40 x 3000
Agrego	= 3.48	Ca(OH) ₂ x 40 + 40 x 3000

ALTERNATIVA 2		
f _{cr}	= 210.0	Kg/cm ²
Cemento	= 30.0	Kg
Agua	= 36.0	lit
Piedra	= 3	Ca(OH) ₂ x 40 = 28.8 lit
Agrego	= 3	Ca(OH) ₂ x 40 = 28.8 lit

Observación: No de sacos de cemento para 1m³ de hormigón = 5.417



CDLA. LAS OROUDEAS BZ. 1637 VILLA. 35
CELULAR: 0998629004 - 042887136

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 19: Detalle de roturas.

Fac. Ingt
Laboratorio de Suelos
y Hormigón

INFORME DE ROTURA A COMPRESION DE CILINDROS DE HORMIGÓN

ASTM C - 39

TEST - UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFRONTE

Proyecto: "ESTUDIO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE UN HORMIGÓN CON FIBRA DE CARBÓN Y CÁSCARO DE LADRILLO RECICLADO, FARMACÓN QUIMIO"

Estudiantes: DIEG JAZEL EBERTAS CÁRDENAS DURÁN - JONAS KACH SPOONER FAJES

Tutor: MTR. RONALD PAUL CORDERO LAMAR

Hormigón f'c= 140 Kg/Cm2

Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Días)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Kg/Cm2)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
INFORME 30 de julio de 2025										
1	30/06/2025	07/07/2025	7	150.0	150.0	150.0	159.8	9.86	69%	DIARIO CILINDRO TRADICIONAL
2	30/06/2025	14/07/2025	14	150.0	150.0	150.0	180.6	11.13	80%	DIARIO CILINDRO TRADICIONAL
3	30/06/2025	29/07/2025	29	150.0	150.0	150.0	200.0	14.10	101%	DIARIO CILINDRO TRADICIONAL
1	30/06/2025	07/07/2025	7	150.0	150.0	150.0	155.5	9.81	69%	DIARIO CILINDRO TRADICIONAL
2	30/06/2025	14/07/2025	14	150.0	150.0	150.0	183.4	11.85	79%	DIARIO CILINDRO TRADICIONAL
3	30/06/2025	29/07/2025	29	150.0	150.0	150.0	240.6	14.14	101%	DIARIO CILINDRO TRADICIONAL
1	30/06/2025	07/07/2025	7	150.0	150.0	150.0	161.1	9.12	65%	DIARIO CILINDRO TRADICIONAL
2	30/06/2025	14/07/2025	14	150.0	150.0	150.0	198.8	11.28	80%	DIARIO CILINDRO TRADICIONAL
3	30/06/2025	29/07/2025	29	150.0	150.0	150.0	334.1	14.28	102%	DIARIO CILINDRO TRADICIONAL

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
RCD 15/07/2025
Paco Alcazar

CDLA LAS ORDENES N° 107 DEL 4
CELULAR: 99922099 94289

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 20: Detalle de roturas.

Rev. 02/01
 Elaborado por: Cárdenas & Spooner
 y Ricardo Tapia

INFORME DE ROTURA DE CILINDROS DE HORMIGÓN
 ASTM C - 39

Título: LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
 Proyecto: TITULO DE RESISTENCIA MECÁNICA EN TIRAS DE HORMIGÓN CON FIBRA DE VIDRIO Y CARGA DE LABORIO ROTURALES Y HORMIGÓN COMPACTO
 Estudiantes: ING. JUAN CARLOS CÁRDENAS SPOONER - JUAN CARLOS SPOONER PÉREZ
 Tutor: MGR. RONALD PAUL CORDERO RAMÍREZ

Hormigón FC= 140 Kg/Cm2

Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Días)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Kg/Cm2)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
DETALLE DE ROTURA DE JULIO DE 2025										
1	06/07/2025	06/07/2025	7	100.0	100.0	100.0	333.6	8.70	67%	06/07 - 0.07 FIBRA DE VIDRIO - EN LABORIO
2	06/07/2025	13/07/2025	14	100.0	100.0	100.0	189.3	10.72	71%	06/07 - 0.07 FIBRA DE VIDRIO - EN LABORIO
3	06/07/2025	20/07/2025	20	100.0	100.0	100.0	340.9	12.08	100%	06/07 - 0.07 FIBRA DE VIDRIO - EN LABORIO
4	06/07/2025	06/07/2025	7	100.0	100.0	100.0	376.7	10.01	71%	06/07 - 0.07 FIBRA DE VIDRIO - EN LABORIO
5	06/07/2025	13/07/2025	14	100.0	100.0	100.0	203.2	10.51	82%	06/07 - 0.07 FIBRA DE VIDRIO - EN LABORIO
6	06/07/2025	20/07/2025	20	100.0	100.0	100.0	295.9	16.70	127%	06/07 - 0.07 FIBRA DE VIDRIO - EN LABORIO
7	06/07/2025	06/07/2025	7	100.0	100.0	100.0	391.1	9.12	67%	06/07 - 0.07 FIBRA DE VIDRIO - EN LABORIO
8	06/07/2025	13/07/2025	14	100.0	100.0	100.0	206.3	13.64	87%	06/07 - 0.07 FIBRA DE VIDRIO - EN LABORIO
9	06/07/2025	20/07/2025	20	100.0	100.0	100.0	250.6	14.47	103%	06/07 - 0.07 FIBRA DE VIDRIO - EN LABORIO

LABORATORIO DE MUESTRAS
 DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
 FIBRA DE VIDRIO
 FIBRA DE CARBÓN

CELA CAZ DRAGONEROS 4017 VILLA 20
 CELULAR: 999999999 - 99999999

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 21: Detalle de roturas.

Foto: Oscar
Laboratorio de Suelos
y Hormigón

INFORME DE ROTURA DE CILINDROS DE HORMIGÓN

ASTM C - 39

TEMA: UNIVERSIDAD LAICA VICENTY ROCA FLEWSE

Proyecto: ESTUDIO DE RESISTENCIA MECÁNICA ENTRE HORMIGÓN CON FIBRA DE COCO Y CASCARÓ DE LADRILLO RECICLADO, Y HORMIGÓN CONVENCIONAL

Estudiantes: SHELILY ESTRELLA ORDEGALES SUAREZ - JESSICA ANTON SPOONER PAZOS

Tutor: MSc. RONALD PAZOS GONZÁLEZ

Hormigón FC= 140 Kg/Cm²



Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Días)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Kg/Cm ²)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
INFORME 2 de agosto de 2025										
Zona DOSIFICACIÓN										
1	02/07/2025	09/07/2025	7	158.8	158.8	158.8	151.5	8.38	61%	20250 - LON FIBRA DE COCO - EN LADRILLO
2	02/07/2025	30/07/2025	28	158.0	158.0	158.0	134.4	11.03	79%	20250 - LON FIBRA DE COCO - EN LADRILLO
3	02/07/2025	30/07/2025	28	158.0	158.0	158.0	247.1	13.99	100%	20250 - LON FIBRA DE COCO - EN LADRILLO
1	02/07/2025	09/07/2025	7	158.0	158.0	158.0	149.9	8.89	67%	20250 - LON FIBRA DE COCO - EN LADRILLO
2	02/07/2025	30/07/2025	28	158.0	158.0	158.0	203.3	12.55	78%	20250 - LON FIBRA DE COCO - EN LADRILLO
3	02/07/2025	30/07/2025	28	158.0	158.0	158.0	246.8	13.38	100%	20250 - LON FIBRA DE COCO - EN LADRILLO
1	02/07/2025	09/07/2025	7	158.0	158.0	158.0	147.7	8.36	60%	20250 - LON FIBRA DE COCO - EN LADRILLO
2	02/07/2025	16/07/2025	14	158.0	158.0	158.0	198.8	10.76	77%	20250 - LON FIBRA DE COCO - EN LADRILLO
3	02/07/2025	30/07/2025	28	158.0	158.0	158.0	218.4	13.95	100%	20250 - LON FIBRA DE COCO - EN LADRILLO

LABORATORIA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
[Firma]
RCD 01/08/2025

CBLA - LAS ORQUÍDEAS DE HITALLA 30
CELULAR: 09991904 - 04011714

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)

Anexo 22: Detalle de roturas.

Por: Víctor
Cárdenas & Spooner
& Asociados

INFORME DE ROTURA DE CILINDROS DE HORMIGÓN

ASTM C - 39

UBI: UNIVERSIDAD CARLOS VICENTE RIVERA

Proyecto: "ESTUDIO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE HORMIGÓN CON FIBRA DE VIDIO Y CANTIDAD DE CARBONO ACTIVADO, FIBERAS CARBÓNICAS"

Estudiantes: WILY ALVARO GONZÁLEZ CÁRDENAS, ANDRÉS RAMÓN SPOONER POZOS

Tutor: WALTER RAMÍREZ GARCÍA FERRER



Hormigón FC= 140 Kg/Cm2

Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Días)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Kg/Cm2)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
INFORME 2 de agosto de 2025										
1	09/07/2025	10/07/2025	7	150.0	150.0	150.0	246.4	8.30	59%	SENA DIFICULTAD
2	09/07/2025	17/07/2025	14	150.0	150.0	150.0	284.4	10.48	75%	02850 - LTA-1988-20-0002 - 20 LITROS
3	09/07/2025	10/07/2025	08	150.0	150.0	150.0	244.5	11.82	69%	02850 - LTA-1988-20-0002 - 20 LITROS
1	09/07/2025	10/07/2025	7	150.0	150.0	150.0	241.5	8.18	54%	02850 - LTA-1988-20-0002 - 20 LITROS
2	09/07/2025	17/07/2025	14	150.0	150.0	150.0	281.5	10.25	73%	02850 - LTA-1988-20-0002 - 20 LITROS
3	09/07/2025	10/07/2025	08	150.0	150.0	150.0	280.0	11.52	87%	02850 - LTA-1988-20-0002 - 20 LITROS
1	09/07/2025	10/07/2025	7	150.0	150.0	150.0	180.0	7.50	57%	02850 - LTA-1988-20-0002 - 20 LITROS
2	09/07/2025	17/07/2025	14	150.0	150.0	150.0	182.8	10.35	74%	02850 - LTA-1988-20-0002 - 20 LITROS
3	09/07/2025	11/07/2025	09	150.0	150.0	150.0	241.0	11.65	87%	02850 - LTA-1988-20-0002 - 20 LITROS

LABORATORISTA DE ENSAYOS
MECÁNICAS ASPÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Willy Cárdenas
Paco Sánchez

CENVA LAS BRUNOCHAS DE 1107 VILLA 30
CALLE LAS BRUNOCHAS, GUAYATEC

Elaborado por: Cárdenas & Spooner (2025)