



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA: ARQUITECTURA

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

ARQUITECTO

MODALIDAD: Proyecto de Investigación

TEMA:

Aplicación De Tecnologías Alternativas En La Vivienda De Interés Social En Zonas

Urbanas De Manta

ELABORADO POR:

Delgado Coveña Belén Y Moreira Cobeña Marco

TUTOR(A):

Ing. Francisco Delgado Sanz, Mg

Manta – Manabí – Ecuador

JULIO 2026

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Carrera de Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico que he acompañado, orientado y revisado el desarrollo del trabajo de titulación bajo la modalidad de PROYECTO DE INVESTIGACION, titulado: “APLICACIÓN DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS EN LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN ZONAS URBANAS DE MANTA”, el trabajo fue ejecutado cumpliendo un total de 384 horas de dedicación académica, de conformidad con las disposiciones establecidas por la institución y en concordancia con lo dispuesto en el Reglamento de Régimen Académico vigente. Tras la revisión correspondiente, se verifica que la investigación reúne las condiciones metodológicas, académicas, técnicas y formales requeridas para su presentación y evaluación ante el tribunal de titulación que sea designado por la autoridad competente.

Asimismo, se certifica que la autoría del trabajo corresponde a los estudiantes DELGADO COVEÑA BELEN Y MOREIRA COBEÑA MARCO, perteneciente a la Carrera de Arquitectura, período académico 2026 (1), quienes han cumplido satisfactoriamente con los requisitos exigidos y se encuentra habilitado para la defensa y sustentación de su trabajo de titulación.

Se expide la presente certificación para los fines académicos y legales que correspondan.

Manta, 23 de julio de 2026.

Atentamente,



ING. FRANCISCO JAVIER DELGADO SANZ

C.C.131008272-0

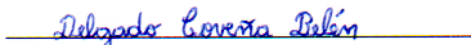
Tutor

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, DELGADO COVEÑA BELEN con CC: 1351934029 y MOREIRA COBEÑA MARCO con CC: 1351075351, autores del presente Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Proyecto investigación, denominado “APLICACIÓN DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS EN LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN ZONAS URBANAS DE MANTA”, declaramos que el contenido desarrollado es de nuestra autoría y responsabilidad académica, realizado bajo la dirección del tutor ING. FRANCISCO JAVIER DELGADO SANZ.

Asimismo, certificamos que el trabajo presentado es original y ha sido elaborado con base en fuentes bibliográficas y técnicas debidamente citadas. Declaramos que se han respetado las normas éticas y académicas vigentes en la elaboración de este proyecto, reconociendo y referenciando adecuadamente los aportes de los autores consultados.

En la ciudad de Manta, a los 13 días del mes de Julio de dos mil veinte y seis.



DELGADO COVEÑA BELEN

C.C. 1351934029

Autor



MOREIRA COBEÑA MARCO

C.C. 1351075351

Autor

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

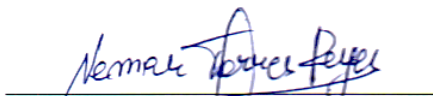
En calidad de miembro del Tribunal de Titulación de la Carrera de Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico haber revisado el Trabajo de Titulación desarrollado bajo la modalidad de Proyecto Investigación, titulado: “APLICACIÓN DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS EN LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN ZONAS URBANAS DE MANTA”.

Luego del análisis y evaluación correspondiente, se verifica que el trabajo ha sido elaborado de conformidad con los lineamientos académicos e institucionales establecidos para la modalidad escogida, así como en cumplimiento de las disposiciones contempladas en el Reglamento de Régimen Académico vigente.

Por tal motivo, APRUEBO el mencionado proyecto por reunir los méritos académicos, metodológicos y formales necesarios, considerándolo apto para continuar con el proceso de defensa y sustentación ante el tribunal correspondiente.

Expedido la presente certificación para los fines académicos y legales pertinentes.

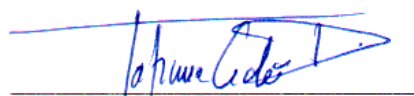
En la ciudad de Manta, a los 13 días del mes de Agosto de dos mil veinte y seis.



Docente: Arq. Nemar Torres Reyes, Mg.

C.C. Cédula 1306329234

Tribunal 1



Docente: Arq. Tatiana Cedeño Delgado, Mg.

C.C. Cédula 1312042326

Tribunal 2

DEDICATORIA

Este logro representa el resultado de meses de esfuerzo, dedicación y amanecidas. Por ello, deseo dedicar esta tesis a mis padres Sra Rocio y Sr Freddy quienes tuvieron desde el día uno apoyándome en esta carrera por más de los lejos que me toco ir a estudiar por primera vez, fueron mi motor principal para seguir en aquella a pesar de las circunstancias y desgracias que tuvimos en el camino me han enseñado el valor de la vida, afrontarme a situaciones difíciles y demostrarme con su ejemplo que con esfuerzo, humildad y responsabilidad se puede llegar a cumplir muchas metas

A la familia Coveña Velasquez quienes me acompañaron en cada etapa y fueron mi apoyo emocional, por sus palabras de aliento, por creer en mis capacidades y en convertirme en la primera arquitecta de la familia por lo que este logro también les pertenece, porque sin su apoyo incondicional no me convertiría en esta increíble profesión

Finalmente me dedico este logro a mí misma, por no renunciar a este sueño, porque solo yo se cuánto me costó llevar esta carrera por cada desvelo, cada reto y cada sacrificio que me toco afrontar por eso me llevo conmigo mucho más que el título

Belén Delgado Coveña

C.C. 1351934029

AGRADECIMIENTO

Primeramente, estoy muy agradecida con mi señor Jesús que me permitió, acompañó, guio en este camino de estudio y me dio la oportunidad de culminar otra importante etapa de mi vida

A mi compañero Marco Moreira quien, además de compartir conmigo este importante proyecto de investigación ha sido un gran amigo durante estos años de formación universitaria, gracias por tu paciencia, responsabilidad, apoyo y confianza que siempre transmitiste para que este proyecto llegara a buen término, me llevo la satisfacción de haber culminado esta etapa juntos.

A mis amigos, amigas con quienes compartí no solo largas horas de estudios, proyectos sino también risas, desvelos, apoyo, ideas y momentos que llevare conmigo,

A la Universidad, por brindarme la formación académica y profesional necesaria para mi carrera., a mi director de tesis, por su orientación, paciencia y valiosos conocimientos, que fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

Y finalmente a los docentes de la carrera, quienes compartieron sus experiencias y enseñanzas a lo largo de mi formación universitaria.

Belén Delgado Coveña

C.C. 1351934029

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta importante etapa de mi vida.

A mis padres, quienes con su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por creer siempre en mí, por impulsarme a superar cada desafío y por enseñarme que la perseverancia y la dedicación son el camino para alcanzar los sueños.

A mi familia, por acompañarme en este proceso con paciencia, comprensión y palabras de aliento, brindándome la motivación necesaria para no rendirme ante las dificultades.

Marco Moreira Cobeña

C.C. 1351075351

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por ser la guía en mi vida, y por la salud que me otorgo para culminar con éxito nuestro trabajo de investigación.

A mi familia, le agradezco por todo su apoyo incondicional, su comprensión y la constante motivación que me brindaron, siendo ellos, el pilar fundamental para alcanzar mi metas, también expreso mi gratitud a mi tutor de Tesis, el Ing. Francisco Sanz y a cada docente, que aportaron con sus conocimientos y orientación, así mismo agradezco a todas aquellas personas que colaboran directa e indirectamente con este trabajo, haciendo posible la culminación de una de las etapas más importantes de mi vida

Marco Moreira Cobeña

C.C. 1351075351

ÍNDICE

1.	Introducción	17
2.	Planteamiento del problema:.....	18
2.1.	Marco contextual	18
2.2.	Formulación del problema.....	19
2.2.1.	Problema central y subproblemas asociados al objeto de estudio.....	21
2.3.	Objeto de estudio	22
2.3.1.	Definición de objeto de estudio.....	22
2.3.2.	Delimitación espacial	22
2.3.3.	Delimitación temporal.....	23
2.4.	Campo de acción de la investigación	23
2.5.	Objetivos.....	24
2.5.1.	Objetivo general	24
2.6.	Justificación	24
2.6.1.	Social.....	25
2.6.2.	Justificación Técnico- constructiva.....	25
2.6.3	Justificación académica	25
2.6.4	Justificación institucional.....	26
2.7	Operacionalización de variables	26

2.7.1 Variable independiente	26
2.7.2 Variable dependiente	26
2.8 Tareas científicas desarrolladas	28
3. Capítulo I. Marco Teórico Referencial Y Legal	29
3.1. Marco antropológico.....	29
3.2. Antecedentes investigativos.....	30
3.2.1 Caso de estudios internacionales en la elaboración de bloques con RCD	36
3.2.2 Resultados adicionales de investigaciones en la región.....	37
3.2.3 Gestión de RCD en el contexto internacional y nacional	38
3.3. Marco teórico	43
3.3.1. Teoría de Economía Circular.	43
3.3.2. Teoría de Desarrollo Sostenible.....	44
3.3.3. Teoría de la construcción sostenible.	44
3.4. Marco conceptual:.....	44
3.5. Marco Jurídico y/o normativo.....	47
3.6. Modelo de repertorio.....	53
4. Capítulo II. Diseño Metodológico	56
4.1. Métodos.....	62
4.2. Técnicas e instrumentos.....	67
4.2.1 Técnicas de recolección de datos.....	67

4.2.2 Instrumentos de recolección de datos	68
4.3. Fuentes	71
5. Procedimiento para la elaboración de bloques.....	72
5.1. Recolección de RCD.....	72
5.2. Trituración de RCD.....	73
5.3. Tamización de RCD.....	74
5.4. Fabricación de Moldes.....	75
5.5. Fabricación de bloques.	80
6. Capítulo III. Diagnóstico y resultados de la investigación	82
6.1 Elaboración del diagnostico.....	82
6.2 Presentación de resultados y discusión	83
6.2.1. Discusión de resultados.....	85
7 Prefactibilidad económica.	87
7.1. Parámetros considerados.....	88
7.2 Costos de producción estimados.....	88
7.3 Comparación económica.....	89
7.4 Reducción de costos.....	90
7.5 Escenario de comercialización.....	90
7.6 Escenario de industrialización	91
8. Prefactibilidad ambiental.	92

8.1 Aprovechamiento de residuos de construcción y demolición.....	92
8.2 Reducción del consumo de cemento.....	92
8.3 Reducción potencial de emisiones de CO ₂	93
8.4 Evaluación de Emisiones de CO ₂	94
8.5 Evaluación del Consumo Energético	95
8.6 Conservación de recursos naturales	96
8.7 Aplicación en proyectos de vivienda de interés social.....	97
8.8 Evaluación ambiental comparativa	97
8.9 Beneficios ambientales identificados	98
8.10 Conclusión de prefactibilidad ambiental	98
9. Aplicación potencial en proyectos de vivienda de interés social.....	99
10. Conclusión	100
11. Recomendaciones	101
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
13. ANEXOS.	110

Índice de figura

FIGURA 1 MAPA DE ECUADOR	22
FIGURA 2 MODELO DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL.....	31
FIGURA 3 METODO DE USO DE RCD PARA LA FABRICACION DE ECO BLOQUES	33
FIGURA 4 PORCENTAJE RESPECTO A LA CAPACIDAD MUNICIPAL.....	34
FIGURA 5 CICLO DE LA ECONOMICA CIRCULAR Y SUS ESTAPAS	38
FIGURA 6 DISPOSICION INADECUADA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION ES UN ESPACIO NO AUTORIZADO DEL CANTON MANTA.....	41
FIGURA 7 ARTICULO DE LA CONSTITUCION DEL ECUADOR APLICABLES A LA GESTION DE RCD Y FABRICACION DE ECO BLOQUES	48
FIGURA 8 NORMAS Y REGLAMENTOS DEL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE (COA) APLICABLES A LA GESTION DE RCD	50
FIGURA 9 TABLA Y DIAGRAMA DE RESISTENCIAS SEGÚN LA EDAD DE MUESTREO Y EDAD DEL BLOQUE	57
FIGURA 10 FASES DEL METODO ANALITICO-SINTETICO APLICADO A LA INVESTIGACION.....	63
FIGURA 11 PROCESO DE TRITURACION DE RCD PARA LA OBTENER EL MATERIAL DE SUSTITUCION.....	115
FIGURA 12 CURVA GRANULOMETRICA DEL RCD TRITURADO (CERAMICA, BLOQUES Y CONCRETO).....	115
FIGURA 13 MODELO DE PIEZAS DE MOLDES PARA BLOQUES	116
FIGURA 14 AXONOMETRIA DE ENSAMBLAJE DE TACOS CENTRALES	116
FIGURA 15 AXONOMETRIA DE ENSAMBLAJE DE CARAS LATERALES DEL MOLDE	117
FIGURA 16 AXONOMETRIA DE ENSAMBLAJE CARAS LATERALES CORTAS	117
FIGURA 17 PROCESO DE FABRICACION Y CURADO DE BLOQUES CON INCOPORACION DE RCD	82
FIGURA 18 RESISTENCIA A COMPRESION DE BLOQUES SEGÚN SU PORCENTAJE DE RCD Y DIAS CURADOS	118
FIGURA 19 VISITA A LA EMPRESA DE CONSTRUCCION HICON EN PORTOVIEJO	119
FIGURA 20 VISITAS A LAS BLOQUEAS ARTESANALES EN PORTOVIEJO	119
FIGURA 21 ELABORACION, PREPARACION Y SECADO DE BLOQUES ARTESANALMENTE	120
FIGURA 22 RECOGIDA DE ESCOMBROS Y SEPARACION PARA LA TRITURACION	120
FIGURA 23 TRITURACION DE LOS ESCOMBROS EN MAQUINA DE LOS ANGELES Y TAMIZADO	121

FIGURA 24 ELABORACION DE LOS MOLDES PARA LOS BLOQUES DE RCD	121
FIGURA 25 PROCESO DE PINTADO CON ACEITE QUEMADO PARA FACILITAR EL DESENCOFRADO DEL BLOQUE	121
FIGURA 26 PREPARACION DE MATERIALES Y LLENADO DE MEZCLA EN EL MOLDE.....	121
FIGURA 27 PROCESO DE DESNCOFRADO DE BLOQUE.....	118

Índice de tabla

TABLA 1 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES DE LA INVESTIGACION	27
TABLA 2 CATEGORIZACION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION.....	32
TABLA 3 RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS ECOLOGICOS.....	37
TABLA 4 NORMAS NEC APLICABLES AL MANEJO DE RCD.....	50
TABLA 5 NORMAS INEM RELACIONADAS CON LA PRODUCCION DE BLOQUES A PARTIR DE RCD	51
TABLA 6 RESISTENCIA NETA MINIMA A LA COMPRESION SIMPLE DE BLOQUES DE MAMPOSTERIA	52
TABLA 7 VARIABLES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	59
TABLA 8 CRONOGRAMA DE FASES DE LA INVESTIGACION	61
TABLA 9 METODO EXPERIMENTAL Y RELACION ENTRE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES	62
TABLA 10 INTEGRACION METODOLOGICA POR FASES DE INVESTIGACION	66
TABLA 11 CRONOGRAMA DE FASES DE LA INVESTIGACION.....	70
TABLA 12 RESISTENCIA A COMPRESION DE LOS BLOQUES SEGÚN LA EDAD DE CURADO	84
TABLA 13 VALORES DE REFERENCIA UTILIZADOS EN EL ANALISIS ECONOMICO	88
TABLA 14 COSTO ESTIMADO DE PRODUCCION DEL BLOQUE CON RCD	88
TABLA 15 COMPARACION ECONOMICA	89
TABLA 16 EMISIONES ESTIMADAS ASOCIADAS AL CEMENTO EN EL ESCENARIO CONVENCIONAL	94
TABLA 17 EMISIONES ESTIMADAS DE LA MEZCLA CON INCORPORACION DE RCD.....	94
TABLA 18 REDUCCION ESTIMADA DE EMISIONES DE CO ₂ DE LA MEZCLA PROPUESTA	95
TABLA 19 CONSUMO ENERGETICO ESTIMADO DEL CEMENTO Y DEL PROCESAMIENTO DE RCD	96
TABLA 20 COMPARACION AMBIENTAL ENTRE EL BLOQUE CONVENCIONAL Y EL BLOQUE CON RCD.....	97

Resumen

La disposición inadecuada de residuos de construcción y demolición (RCD) constituye un problema ambiental y urbano en la ciudad de Manta. Ante esta situación, la investigación tuvo como objetivo evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de bloques ecológicos elaborados con residuos de bloques de hormigón y cerámica para su posible aplicación en viviendas de interés social. Se aplicó una metodología de enfoque mixto que incluyó revisión documental, visitas a bloqueras, recolección, trituración y tamizado de los residuos, además de la elaboración experimental de prototipos. En las formulaciones desarrolladas, el RCD triturado sustituyó el 50 % y 75 % del peso del cemento. Posteriormente, los bloques fueron evaluados a los 7, 14 y 28 días mediante ensayos de resistencia a compresión. A los 28 días, la formulación con 50 % de sustitución alcanzó una resistencia de 5,60 MPa, mientras que la formulación con 75 % obtuvo 5,02 MPa; ambos resultados superaron los 2,26 MPa registrados por el bloque artesanal utilizado como referencia. Además, el costo estimado de producción fue de USD 0,22 por unidad. Los resultados muestran que el aprovechamiento de RCD presenta potencial técnico y económico para la fabricación de bloques, reduce el consumo de cemento y favorece la incorporación de prácticas de economía circular en el sector de la construcción

Palabras clave: residuos de construcción y demolición, bloques ecológicos, economía circular, sostenibilidad, vivienda de interés social, Manta.

Abstract

Improper disposal of construction and demolition waste (CDW) poses an environmental and urban challenge in the city of Manta. In response, this study aimed to evaluate the technical, economic, and environmental feasibility of eco-friendly blocks made from crushed concrete and ceramic waste for potential use in social housing. A mixed-methods approach was employed, involving a literature review, visits to block manufacturing facilities, waste collection, crushing and sieving, and the experimental production of prototypes. In the developed formulations, crushed CDW replaced 50% and 75% of the cement by weight. Subsequently, the blocks were tested for compressive strength at 7, 14, and 28 days. At 28 days, the formulation with 50% substitution achieved a strength of 5.60 MPa, while the formulation with 75% substitution reached 5.02 MPa; both results exceeded the 2.26 MPa recorded for the artisanal block used as a reference. Additionally, the estimated production cost was USD 0.22 per unit. The results demonstrate that utilizing CDW holds technical and economic potential for block manufacturing, reduces cement consumption, and fosters the adoption of circular economy practices within the construction sector.

Keywords: construction and demolition waste, ecological blocks, circular economy, sustainability, social housing, Manta.

1. Introducción

En la actualidad, el sector de la construcción es la principal fuente de desechos, sin embargo, es parte fundamental del crecimiento de las ciudades y comunidades. Generalmente, la construcción de una infraestructura causa un impacto ambiental, desde la extracción y producción del material, hasta las diversas actividades que se realizan con ellas. Los RCD comprenden los restos sólidos producidos durante actividades de demolición, excavación, construcción y reparación de obras civiles (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021).

Dentro del Ecuador el crecimiento urbano ha generado una alta demanda de materiales de construcción, dando como consecuencia un aumento en los niveles de escombros de demolición y obra, teniendo noción que dentro del país no existe aún una gestión integral y, sobre todo, consolidada de RCD el cual son llevados a depósitos inadecuados.

En ciudades costeras como Manta se observa una acumulación creciente de residuos provenientes de la construcción tras el terremoto que azotó a la ciudad, el cual se ha evidenciado muchos más volúmenes de escombros de ladrillo, bloques de hormigón y fragmentos de cerámica, que terminan en vertederos informales, calles o espacios públicos, generando contaminación visual, ocupación de suelo y riesgos ambientales. Los residuos generados por el sector de la construcción representan aproximadamente el 30 % de los residuos producidos a escala mundial (Purchase et al., 2021). Lo que convierte a este sector en un actor clave dentro de la gestión sostenible de los materiales. Por otro lado, la gran expansión urbana que ha presentado la ciudad de Manta ha generado un grave déficit habitacional, como indica Eliana Pruss Pin, en el diario Primicias, el último estudio que se hizo del INEC, Manta aún tiene un déficit cuantitativo de vivienda de cerca de 27.000 y cualitativo estamos hablando de casi de 20.000

viviendas. Por esta razón el objetivo es aprovechar estos materiales para elaborar bloques ecológicos que sirva como una estrategia clave para aplicación de tecnologías alternativas sostenibles para optimizar las viviendas de interés social del centro urbano de Manta.

El propósito de la investigación fue estimar de manera preliminar los beneficios ambientales de los bloques ecológicos y comparar su factibilidad técnica y económica con la de los bloques convencionales utilizados en viviendas de interés social. Para ello, se desarrollaron prototipos y se realizaron ensayos de resistencia a compresión, junto con estimaciones de costos e impactos ambientales.

El trabajo se vincula a la modalidad de investigación descriptiva, el cual va a ir alineada al campo de investigación de arquitectura sostenible de la carrera. La tesis se organiza en 3 capítulos; Capítulo I. Marco Teórico Referencial Y Legal, Capítulo II. Diseño Metodológico, Capítulo III. Diagnóstico y resultado de la investigación.

2. Planteamiento del problema:

2.1.Marco contextual

En la ciudad de Manta se ha vivido en las últimas décadas un crecimiento acelerado, motivado por su relevancia como puerto marítimo internacional, su desarrollo económico en sectores como la pesca y el turismo, y su posición como una de las urbes más dinámicas de la provincia de Manabí, con más de 250.000 habitantes, según los registros del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2023), el crecimiento poblacional ha sido constante y ha ejercido presión sobre la disponibilidad de suelo para expandirse.

En América Latina los residuos de construcción pueden llegar a representar entre el 25 % y el 40 % de los desechos sólidos urbanos, de los cuales menos del 5 % recibe un tratamiento

adecuado, aunque en Ecuador existen normativas que regulan la disposición de este tipo de desechos, su aplicación es limitada y la gestión municipal carece de recursos técnicos y logísticos suficientes, sin embargo, en Manta, la situación se intensifica debido a su carácter portuario y turístico: el paisaje urbano se ve afectado por escombros dispersos, lo cual genera impactos en la calidad de vida de los habitantes y en la imagen de la ciudad frente a visitantes.

Por otro lado, dentro del país han existido un sinnúmero de programas de viviendas de interés social, que, a pesar de buscar atender la demanda habitacional en ciudades como Manta, siguen utilizando métodos tradicionales, dejando a un lado cualquier alternativa innovadora que promuevan una economía circular. Frente a este contexto, surge la necesidad de explorar alternativas más ecológicas e innovadoras, con el fin de reducir la contaminación generada por la RCD y poder mejorar la imagen urbana de la ciudad.

2.2. Formulación del problema

La generación masiva de residuos de construcción y demolición (RCD), comúnmente denominados escombros, se ha consolidado como una de las problemáticas ambientales y urbanísticas más apremiantes del siglo XXI, especialmente en ciudades que experimentan un crecimiento demográfico y constructivo acelerado, como es la ciudad de Manta, un polo de desarrollo en la costa ecuatoriana y una ciudad que ha enfrentado desafíos significativos de reconstrucción y expansión post desastres, no es ajena a esta realidad afectando el orden urbano y evidenciando una problemática ambiental y social

Aunque estos materiales no son peligrosos en términos químicos, su disposición irregular genera impactos visibles en el ambiente, se han resaltado la dificultad que enfrentan los gobiernos locales para manejar los escombros de manera eficiente, los municipios carecen en

muchos casos de infraestructuras de acopio, plantas de tratamiento o programas de valorización de materiales, en consecuencia, los desechos de construcción se acumulan de manera descontrolada, interfiriendo con la planificación territorial y afectando de manera desigual a sectores urbanos, principalmente a las zonas periféricas y de menor nivel socioeconómico.

Paralelamente a la crisis de los escombros, el gobierno ecuatoriano, a través de los programas de viviendas de interés social, mantiene un compromiso ineludible con reducir la brecha del déficit habitacional, la vivienda de interés social (VIS) está diseñada para ofrecer soluciones habitacionales que sean tanto asequibles como dignas, sin embargo, este noble objetivo se enfrenta a retos estructurales como la construcción tradicional, basada en materiales que requieren procesos extractivos intensivos y energéticamente costosos (como la cocción de la arcilla para ladrillos y cerámicas), eleva el costo final de las unidades habitacionales, este aumento constante en el precio de los materiales convencionales amenaza la sostenibilidad económica de los modelos de viviendas de interés social, limitando el alcance y la calidad de las soluciones ofrecidas a las familias con menores ingresos.

De tal forma que en este escenario se propone la necesidad de poder evaluar la eficiencia de reutilizar los Residuos de construcción y demolición (RCD) para la fabricación de bloques ecológicos como una posible solución, tomando en cuenta términos técnicos, como mecánicos y sobre todo su aporte a la reducción de la contaminación y la mejora de la imagen urbana.

Por ende, surge la siguiente interrogante, ¿De qué manera la fabricación de bloques ecológicos utilizando estos residuos puede contribuir a reducir su impacto ambiental y, al mismo tiempo, representar una alternativa para la vivienda de interés social en las zonas urbanas de Manta?

2.2.1. Problema central y subproblemas asociados al objeto de estudio

El manejo inadecuado de los residuos de construcción, especialmente bloques de hormigón, ladrillos y cerámica, genera impactos negativos visibles en el espacio urbano de Manta; esta situación desencadena la necesidad de repensar la forma en que los materiales descartados pueden integrarse en soluciones constructivas innovadoras, contribuyendo a las viviendas de interés social.

Asociado a ello se generan una serie de subproblemas debido a la acumulación de estos residuos de construcción que generan efectos que trascienden lo ambiental, por lo que transformar estos escombros en bloques ecológicos no solo requiere garantizar su desempeño y durabilidad, sino también promover su aceptación social y su aporte a la sostenibilidad, además, la aceptación social de estos materiales y su contribución a la sostenibilidad reflejan la necesidad de integrar innovación tecnológica, planificación arquitectónica y gestión responsable de recursos, promoviendo soluciones constructivas sostenibles y replicables en el contexto urbano.

De tal forma, se nos generan una serie de interrogantes a base de los subproblemas, como lo son: ¿De qué manera se realiza actualmente el manejo y disposición de los escombros de ladrillo, bloques de hormigón y cerámica en la ciudad de Manta?, así mismo resulta necesario determinar ¿Qué propiedades físico-mecánicas deben tener los bloques fabricados con estos residuos para ser considerados aptos en la construcción de viviendas sociales?, de igual forma ¿De qué manera se puede garantizar que estos materiales cumplan con las normativas de calidad y seguridad establecidas en el Ecuador? Y también es importante analizar ¿Cuáles serían los beneficios y limitaciones tendría la implementación de bloques ecológicos en los programas de vivienda social?

2.3.Objeto de estudio

2.3.1. Definición de objeto de estudio

El objeto de estudio de la investigación se basa en los residuos de construcción y demolición como bloques de hormigón, ladrillos y la cerámica, generados en la ciudad de Manta y su potencial para ser aprovechado como tecnologías alternativas para la fabricación de bloques ecológicos. Por ende, nuestra investigación se basa en el proceso y efecto de transformar escombros en un material de construcción alternativo para la reducción de la contaminación y como esto mejoraría la imagen urbana de la ciudad.

2.3.2. Delimitación espacial

La investigación planteada se desarrollará en la ciudad de Manta, provincia de Manabí-Ecuador, dado que es una de las urbes costeras con mayor crecimiento urbano dentro de estos últimos años, lo cual ha incrementado el índice de los Residuos de construcción y demolición (RCD); el estudio se enfocará particularmente en los sectores urbanos donde se acumula una mayor cantidad de desechos de construcción.

Figura 1

Mapa de Ecuador



Nota. Elaboración Propia.

2.3.3. Delimitación temporal

El estudio comprendió información correspondiente al periodo 2020-2025, mientras que la fase experimental, el análisis de resultados y la comparación con referentes constructivos se desarrollaron entre 2025 y 2026.

2.4.Campo de acción de la investigación

El campo de investigación al cual nos asociamos en la de arquitectura sostenible de la carrera de Arquitectura de la ULEAM, acogiéndonos a la modalidad de proyecto de investigación, donde nos guiamos con las líneas de 5 de arquitectura y edificaciones sostenibles y la línea 3 de tecnología y construcción convencional y/o alternativa, basados en los ODS 9 y 11.

2.5.Objetivos

2.5.1. Objetivo general

Evaluar la prefactibilidad técnica, económica y ambiental de bloques elaborados mediante la sustitución parcial del cemento por residuos de construcción y demolición, para su potencial aplicación en viviendas de interés social de Manta

Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar los desechos de bloques de hormigón, ladrillos y cerámica generados en el área urbano de la ciudad de Manta para determinar su potencial de aprovechamiento como agregados.
- Diseñar y desarrollar un componente constructivo (bloque ecológico) basado en los RCD de bloques de hormigón y cerámica, validando su resistencia a la compresión mediante procesos de adaptación tecnológica
- Analizar la viabilidad técnica, económica y el impacto ambiental considerando la reducción de residuos y costos, a través de la aplicación práctica en un caso de estudio orientado a una vivienda de interés social

2.6. Justificación

El desarrollo de esta investigación se justifica en la necesidad de dar respuesta a una problemática urbana y ambiental creciente en la ciudad de Manta, relacionada con la acumulación y disposición inadecuada de residuos de construcción, la posibilidad de transformar estos desechos en bloques ecológicos destinados a la vivienda de interés social no solo representa una solución innovadora, sino que constituye un aporte tangible a la sostenibilidad de la

construcción, contribuyendo de esta manera al mejoramiento del entorno urbano y a la calidad de vida de la población.

2.6.1. Social

La reutilización de Residuos de construcción y demolición (RCD) genera oportunidades laborales locales (recolección, clasificación, transformación) y puede reducir los costos directos de los materiales en la construcción de la VIS, esto permitirá aumentar la cobertura de beneficiarios o mejorar la calidad de la vivienda entregada a las familias de ingresos bajos y medios. Como señala la Ley Orgánica de Vivienda de Interés Social (Art. 15), el derecho al hábitat implica el acceso a una vivienda "digna y adecuada".

2.6.2. Justificación Técnico- constructiva

La investigación se justifica desde el ámbito técnico-constructivo porque analiza el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición como materia prima para fabricar bloques de hormigón. La propuesta incorpora una dosificación controlada, procesos definidos de trituración, tamizado, mezclado, moldeo y curado, además de ensayos de resistencia a compresión para verificar el desempeño del producto. De esta manera, se busca obtener un componente de mampostería con características medibles, menor consumo de materiales convencionales y posibilidades de aplicación en proyectos de vivienda de interés social, siempre que cumpla los requisitos normativos correspondientes.

2.6.3 Justificación académica

Esta investigación puede servir como modelo guía para futuros estudiantes e investigadores en el campo de la Arquitectura y la Ingeniería Civil, al caracterizar los residuos locales y someter el bloque ecológico a pruebas de laboratorio (resistencia, aislamiento), además

puede ser aplicada por instituciones públicas, fortaleciendo la planificación urbana, la innovación tecnológica y la gestión ambiental

2.6.4 Justificación institucional

“El proyecto ofrece al programa de viviendas de interés social, una herramienta práctica para cumplir con su mandato de promover el desarrollo urbano sostenible” (Plan Nacional de Hábitat y Vivienda). Al validar un sistema que reduce la dependencia de agregados vírgenes y baja los costos, la institución obtiene una alternativa de inversión y un modelo de gestión de recursos alineado con los principios de sostenibilidad exigidos por organismos internacionales como el Banco Mundial en proyectos de desarrollo urbano en Ecuador.

2.7 Operacionalización de variables

2.7.1 Variable independiente

Corresponde al porcentaje de residuos triturados de bloque y cerámica incorporados en la mezcla como sustitución parcial del peso del cemento utilizado en la fabricación de los bloques. Esta variable fue manipulada de manera controlada mediante niveles de sustitución del 50 % y 75 %, con el fin de observar su efecto sobre el comportamiento mecánico y económico del bloque resultante.

2.7.2 Variable dependiente

Esta variable agrupa el conjunto de propiedades mecánicas y físicas que se modifican como consecuencia de la variación en el porcentaje de RCD incorporado, y que permiten evaluar la viabilidad del bloque como alternativa constructiva. Entre sus principales indicadores se encuentran la resistencia a la compresión y el tiempo de curado necesario para alcanzar las propiedades mecánicas esperadas.

Tabla 1*Operacionalización de variables de la investigación*

Variable	Tipo	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Instrumento
Porcentaje de RCD	Independiente	Proporción de residuos de construcción y demolición triturado que sustituye parcialmente al cemento	Composición de la mezcla	Porcentaje de sustitución (50%, 75%)	Planilla de control de fabricación
Tipo de aglomerante	Independiente	Material cementante utilizado para unir los agregados de la mezcla	Composición de la mezcla	Cemento Portland (kg)	Ficha de caracterización de materiales
Relación agua/cemento	Independiente	Proporción de agua respecto al cemento empleado en la mezcla	Composición de la mezcla	Relación 0,45-0,55	Planilla de control de fabricación
Tiempo de curado	Independiente	Período durante el cual el bloque se mantiene en condiciones de humedad controlada para su fraguado	Proceso de fabricación	Días de curado (7, 14, 28)	Planilla de control de fabricación
Resistencia a la compresión	Dependiente	Capacidad del bloque para soportar cargas axiales sin fracturarse	Desempeño mecánico	N/mm ² (MPa)	Formato de registro de pruebas mecánicas

Densidad	Dependiente	Relación entre la masa y el volumen del bloque elaborado	Desempeño o físico	kg/m ³	Formato de registro de pruebas mecánicas
Costo de producción	Dependiente	Valor monetario invertido en la fabricación de una unidad de bloque	Desempeño o económico	USD por unidad	Tabla de costos

Nota. Elaboración Propia con base en las variables definidas en el diseño experimental.

2.8 Tareas científicas desarrolladas

Para que esta investigación no se quede solo en una propuesta teórica, se estructuró un proceso secuencial de tareas que permitieron aterrizar la idea de reciclaje a la realidad técnica de Manta. A continuación, se detallan los hitos alcanzados en este proceso:

2.8.1 Tc1: Elaboración del marco teórico, referencial inherente al tema

Esta investigación consistió en la recopilación, análisis y síntesis de información bibliográfica y normativa relacionada con el objeto de estudio. Se exploraron conceptos fundamentales como la economía circular en la construcción, el aprovechamiento de residuos de Construcción y Demolición (RCD) y las normativas técnicas vigentes del MIDUVI y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

2.8.2 Tc2: Elaboración del diseño metodológico que se llevara a efecto en la investigación

En esta etapa se estructuró la ruta crítica de la investigación, definiendo el enfoque (mixto: cualitativo y cuantitativo), el nivel (descriptivo-experimental) y las técnicas de

recolección de datos. Se establecieron los protocolos para el levantamiento de información en el entorno urbano de Manta y los criterios para los ensayos de laboratorio de los componentes mejorados.

2.8.3 Tc3: Determinación del diagnóstico y resultados de la investigación

Los resultados obtenidos demuestran que los residuos de construcción y demolición presentes en la ciudad de Manta pueden ser aprovechados de manera eficiente en la fabricación de bloques ecológicos. Las pruebas realizadas evidenciaron que los bloques con incorporación de RCD alcanzan una resistencia adecuada para su uso en viviendas de interés social, incluso superando el desempeño de los bloques artesanales convencionales. Además, su producción presenta menores costos y contribuye a reducir el consumo de cemento y las emisiones asociadas a su fabricación. En conjunto, estos hallazgos confirman que el uso de RCD constituye una alternativa técnica, económica y ambientalmente viable para promover una construcción más sostenible en la ciudad de Manta.

3. Capítulo I. Marco Teórico Referencial Y Legal

3.1. Marco antropológico.

La vivienda no puede entenderse únicamente como un objeto físico o una solución constructiva, desde una perspectiva antropológica, constituye un espacio social cargado de significados simbólicos, culturales y relacionales, la manera en que las personas habitan un espacio refleja valores, formas de organización social, dinámicas familiares y prácticas cotidianas que varían según el contexto cultural y territorial, la antropología urbana sostiene que el habitar no es un acto neutro, sino una construcción social que articula identidad, pertenencia y modos de vida.

En el Ecuador, diversas investigaciones han documentado que la percepción de la vivienda no se restringe a factores numéricos como el precio, el tamaño o los materiales utilizados en donde numerosos habitantes valoran factores como la proximidad con servicios básicos e infraestructuras urbanas, la seguridad del ambiente, la identificación barrial, el uso de áreas exteriores, relaciones con los vecinos y las costumbres culturales vinculadas al espacio doméstico. Estos elementos no siempre se tienen plenamente en cuenta al diseñar viviendas, lo que puede generar que una vivienda “barata” sea percibida como poco digna si no respeta expectativas culturales.

Dentro de la ciudad de Manta, el crecimiento urbano y las practicas constructivas que se desarrollan dentro del contexto social, genera una presencia considerable de residuos de construcción y demolición (RCD), los cuales ya se han normalizado dentro del paisaje urbano, estos residuos visibles en veredas y lotes vacíos, no solo representan un problema ambiental, sino también una expresión de la desconexión entre planificación urbana y prácticas sociales cotidiana, desde una mirada antropológica, estos residuos pueden interpretarse como “huellas materiales” de procesos sociales más amplios por lo que la propuesta de reutilizar estos residuos para crear bloques ecológicos implica una resignificación cultural del desecho, transformándolo en recurso.

3.2. Antecedentes investigativos.

La vivienda de interés social, conocida como VIS, es básicamente una alternativa para que las familias con menos recursos puedan tener una casa digna sin que los costos sean tan altos, en Ecuador este tipo de vivienda se ha vuelto muy importante porque todavía hay muchas personas que no cuentan con un hogar adecuado. Según datos del MIDUVI (2021) “ la VIS está orientada a familias con ingresos limitados, mediante mecanismos de subsidio y financiamiento

accesible”. Sin embargo, la realidad es que muchas de estas casas terminan siendo pequeñas, con materiales muy básicos o con poca ventilación, lo cual afecta el día a día de quienes viven ahí.

Figura 2

Modelo de viviendas de interés social (Casa para todos)



Nota. En Quevedo 27 familias cuentan con una vivienda digna, gracias al programa Casa Para Todos

“En Ecuador se promovió el programa Casa para Todos como una estrategia destinada a ampliar el acceso a soluciones habitacionales” (Presidencia de la República del Ecuador, 2018). Pero aun con esas iniciativas, el precio de los materiales tradicionales sigue subiendo y esto complica tanto la construcción privada como la social.

Dentro de las limitaciones más comunes en la vivienda de interés social en Manta y en el país, sobresalen estas:

- Los materiales tradicionales siguen siendo costosos.
- Hay poca variedad en las técnicas de construcción.
- Muchos residuos de construcción terminan tirados en los barrios o en la vía pública.

- Los materiales comunes no ayudan mucho a regular el calor o el ruido.
- Faltan alternativas sostenibles que sean económicas y duraderas.

Todo esto hace que pensar en nuevas formas de construir, usar materiales reciclados o aplicar tecnologías alternativas se vuelva casi obligatorio si se quiere bajar costos sin sacrificar calidad.

Los residuos de construcción y demolición, conocidos como RCD, son todos aquellos restos que salen cuando se construye, se remodela o se derriba una estructura estos desechos incluyen pedazos de ladrillo, bloques de hormigón, cerámica, cemento endurecido, concreto, polvo, arena y otros materiales que sobran de las obras pero en teoría estos residuos deberían tener un manejo adecuado, en donde muchas ciudades de América Latina es común encontrar lotes abandonados o aceras llenas de escombros, fragmentos de ladrillos rotos, cerámica dañada u otros residuos. Esto constituye no solo un problema estético, sino un foco de contaminación, degradación ambiental y uso ineficiente del suelo urbano. Varios estudios demuestran que los residuos de construcción y demolición (RCD) representan una parte significativa de los residuos urbanos. Según Mejía et al. (2013), en su artículo residuos de construcción y demolición: Revisión sobre su composición, impactos y gestión, a nivel mundial entre el 15% y 25% de los residuos generados pertenecen a esta categoría, clasificados en materiales (escombros, concretos), elementos (ladrillos, cemento y similares) y agregados sueltos (grava, arena, rechos y similares).

Tabla 2

Categorización de los residuos de construcción y demolición (RCD)

Categoría	Residuos de construcción y demolición
-----------	---------------------------------------

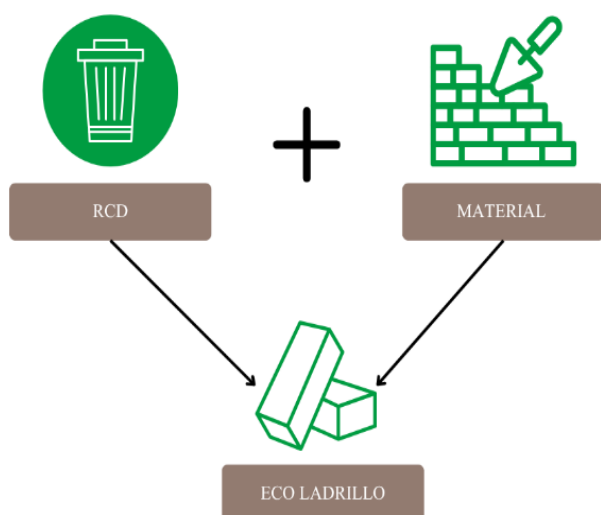
Materiales	Escombros, concretos
Elementos	Ladrillos, Bloques de hormigón cemento y similares
Agregados sueltos	Grava, arena, rechos y similares

Nota. Clasificación elaborada a partir de los tipos de residuos identificados en la bibliografía consultada.

El uso de estos RCD como nuevos materiales constructivos encaja dentro de una economía circular, cerrando ciclos productivos mediante la reutilización, reciclaje y valorización de residuos. Esta práctica permite generar una arquitectura sostenible que optimiza recursos, reduce el consumo energético y utiliza materiales de bajo impacto ambiental. Como señala Gil (2023) “La arquitectura sostenible es una respuesta a los desafíos globales, como el cambio climático y la creciente demanda de recursos naturales, con el potencial de transformar la forma en que vivimos y construimos nuestras ciudades”.

Figura 3

Método de uso de RCD para la fabricación de eco bloques

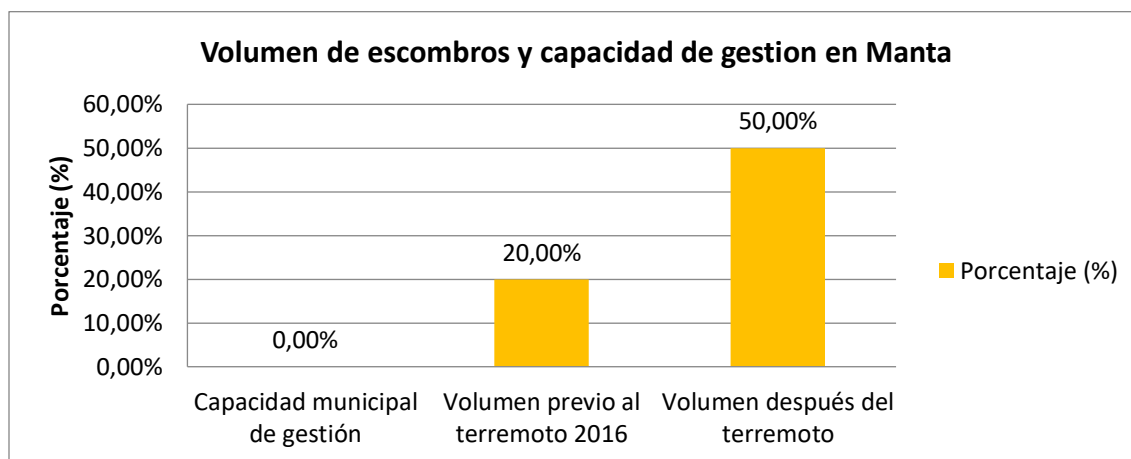


Nota. La figura representa el proceso conceptual de utilización de residuos de construcción y demolición (RCD) junto con materiales reciclados para crear eco bloques. Elaboración Propia

Esta problemática ha surgido a causa del rápido proceso de construcción que está teniendo lugar en Ecuador y el progreso urbano excesiva, que ha sido fomentada sobre todo por el desplazamiento interno, así como los hechos sísmicos ocurridos en 2016, han hecho que la situación en Manta sea especialmente seria. Estos elementos han generado una cantidad de escombros que supera la capacidad de gestión del municipio. Según Diario El Comercio (2024) “Después del sismo, el volumen de basura en las zonas tocadas creció casi un 50%. En el primer mes del desastre se han recolectado 950 toneladas por día en los cantones manabitas. Tan solo en Manta se pasó de 170 toneladas/día a 256”

Figura 4

Porcentaje respecto a la capacidad municipal



Nota. Elaboración Propia a partir de datos recopilados sobre gestión de escombros en Manta.

Investigaciones como la de Gómez-Soberón (2018) señalan que “Los RCD también afectan los suelos y, en muchos casos, terminan contaminando ecosistemas cercanos”. Todo esto

demuestra que no son simples “montones de basura”, sino un problema urbano serio en donde se genera varios problemas como:

- **Deterioro del espacio público**, porque los escombros afectan la movilidad y la estética urbana.
- **Riesgos sanitarios**, debido al polvo, la humedad acumulada o la presencia de materiales cortantes.
- **Daños ambientales**, ya que muchos de estos materiales tardan años en degradarse.
- **Obstrucción de canales o alcantarillas**, lo que puede generar inundaciones en época de lluvia.

Ante este escenario, el aprovechamiento de RCD como materia prima para bloques ecológicos se presenta como una alternativa viable y pertinente. La incorporación de este tipo de tecnologías en proyectos de vivienda de interés social no solo representa una innovación desde el punto de vista técnico, sino que también constituye una oportunidad para fortalecer una relación más responsable entre las personas y su entorno, además se desarrolla una cultura de reciclaje entre los habitantes.

Las tecnologías alternativas no se refieren solamente a “materiales nuevos”, sino también a procesos, sistemas constructivos y prácticas que reducen el daño ambiental y promueven un uso más eficiente de la energía, el agua y los recursos del entorno. Por ejemplo, en varias ciudades del mundo se han desarrollado técnicas como el uso de paneles prefabricados, estructuras hechas con bambú, ladrillos ecológicos, techos verdes, muros con vegetación, sistemas de captación de agua lluvia y métodos de construcción modular que disminuyen el

desperdicio. Todas estas soluciones tienen algo en común: buscan hacer más con menos y aprovechar lo que normalmente se desecha.

3.2.1 Caso de estudios internacionales en la elaboración de bloques con RCD

Diversas investigaciones respaldan la factibilidad técnica de esta propuesta. Torres Baldeón (2024) demostró que la construcción de bloques ecológicos a partir de RCD es viable, manteniendo propiedades aceptables de resistencia y durabilidad, con capacidades de hasta 155.98 kg/cm². Sin embargo, el diseño del bloque 1 y 3 alcanzaron resistencias de entre 49,76 y 90,91 kg/cm², los cuales no cumplen con los requisitos mínimos de la norma E0.70; de igual forma estos resultados son de suma importancia debido a que evidencia como punto clave en la fabricación de bloques, manejar de manera adecuada las proporciones de cemento, agua y RCD.

Salazar et al. (2023) analizaron “La incorporación de RCD y cenizas de termoeléctrica en la fabricación de bloques de concretos livianos en el área metropolitana de Cúcuta, destacando su potencial como alternativa para disminuir residuos y el consumo de materias primas”.

Dentro de otras investigaciones tenemos la realizada por Quispe García (2020), realizada en la ciudad de Cusco, Perú, muestra la resistencia mecánica de muros de albañilería con ladrillos ecológicos para viviendas autoconstruidas obtuvo resultados prometedores: resistencia a adherencia a corte por cizalle de 2.6 kg/cm² ± 0.7 kg/cm², resistencia a compresión axial de 20.36 kg/cm² ± 6.37 kg/cm² y resistencia a compresión diagonal de 8.28 kg/cm² ± 0.73 kg/cm²; lo cual demostró que estos materiales alternativos pueden cumplir con estándares estructurales básicos para una vivienda.

Por otro lado, en la ciudad de Colombia un estudio sobre bloques elaborados con residuos de vidrio y plástico, realizado por Cardona Howard et al. (2020); demostró que la resistencia a la

compresión superó el valor mínimo necesario de 3.5 MPa exigido por la norma técnica colombiana NTC 4205. Donde también se evidencio una disminución del 30% de emisiones de dióxido de carbono, en comparación de la fabricación de ladrillos tradicionales; evidenciando no solo su factibilidad constructiva si no también ambiental.

3.2.2 Resultados adicionales de investigaciones en la región.

“Un estudio peruano sobre ladrillos ecológicos con caucho reciclado de neumáticos fuera de uso (NFU) y tereftalato de polietileno (PET) mostró que el tratamiento con 12% de estos materiales presentó la mayor resistencia a la compresión con 14.82 kg/cm² y la mayor densidad con 1.88 g/cm³, aunque se observó que, al aumentar la proporción de materiales reciclados, disminuyó la resistencia estructural” (Atencio Layme, 2025).

Tabla 3

Resistencia a la compresión de ladrillos ecológicos

Tratamiento	Dimensiones (cm)			Área	Carga máxima	Resistencia (kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Alto			
T-12%	14	9	7.5	126	1668	13.23
T-24%	14	9.1	7.5	127.4	1284	10.08
T-36%	13.9	8.9	7.5	123.71	1164	9.09

Nota. Se presentan los resultados de la prueba de compresión expresados en kg/cm². Para ello, se evaluaron los 3 tratamientos (T-12%, T-24%yT-36%)

En España, la investigación doctoral realizada por Santos Jiménez (2018) evidenció que el reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) de tipo cerámico permite elaborar materiales de construcción sostenibles con mejores propiedades de dureza superficial, absorción

por capilaridad, adherencia y resistencia mecánica, además de reducir el uso de materias primas convencionales de mayor costo.

Los resultados de estos estudios dejan claro que aprovechar los RCD para fabricar bloques ecológicos no solo resulta viable desde el punto de vista técnico, sino que además representa una alternativa sostenible para el sector de la construcción, ya que aporta a la economía circular y disminuye de forma notable el impacto ambiental que genera esta industria

Figura 5

Ciclo de la economía circular y sus etapas



Nota. Se representan las fases que conforman el ciclo de economía circular, desde el diseño hasta el retorno de los materiales al sistema productivo, pasando por la producción, distribución, consumo, recogida y reciclaje. Adaptado de Santos Jiménez (2018), *Economía circular*.

3.2.3 Gestión de RCD en el contexto internacional y nacional

A. Referentes internacionales en la gestión de RCD

A nivel internacional, distintos países han desarrollado modelos exitosos para el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, los cuales constituyen referentes importantes para el contexto ecuatoriano

- Las **Naciones Europeas** están a la vanguardia de las mejores prácticas para gestionar los RCD. La normativa europea estableció como objetivo valorizar al menos el 70 % de los residuos de construcción y demolición, mediante procesos de reutilización, reciclaje y recuperación de materiales (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012).
- En la ciudad de **España**, el Real Decreto 105/2008 establece la obligatoriedad de tener un Plan de Gestión de Residuos para cualquier obra de demolición o construcción que regula específicamente la correcta separación, reutilización y valorización de estos materiales, por lo tanto los centros de reutilización manejan enormes volúmenes de escombros y los transforman en áridos reciclados que se utilizan para construir bloques no constructivos y recubrimientos regulados, estudios como el de Santos Jiménez (2018) han demostrado que estos materiales pueden sustituir eficazmente la materia prima convencional manteniendo e incluso mejorando sus propiedades técnicas regulados.
- En **Chile**, el Decreto Supremo N°8 del Ministerio de Medio Ambiente estableció reglas claras sobre cómo manejar los RCD, definiendo quién es responsable de separarlos y darles un nuevo uso. El país ya cuenta con plantas de reciclaje que aprovechan estos materiales para fabricar componentes usados en hormigones, bases y sub-bases de pavimento. Un ejemplo concreto es lo que ocurre en la Región Metropolitana de Santiago, donde mediante procesos de trituración, mezcla y clasificación se logra

recuperar entre el 60% y el 70% de los RCD generados (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2017).

- En **Colombia**, el manejo de los RCD está regulado por la Resolución 472 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, aprobada en 2017. A raíz de esta norma, ciudades como Bogotá y Medellín habilitaron zonas autorizadas para recibir y tratar escombros, junto con puntos limpios donde los materiales se separan y procesan. En Medellín, según datos de su Alcaldía (2023), usar agregados reciclados en obra pública ha funcionado bien. Se han visto resultados tanto en vivienda social como en proyectos viales, lo que demuestra que la propuesta se sostiene, técnica y económicamente.
- En **Perú**, aunque la normativa aún está en desarrollo, ya se han puesto en marcha algunas iniciativas piloto que vale la pena destacar. Si bien el Decreto Legislativo N.º 1278 incorpora los RCD dentro de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, todavía una buena parte de los escombros termina siendo depositada de manera informal. Un estudio de Quispe García (2020) realizado en Cusco mostró que estos residuos pueden transformarse en bloques para vivienda, alcanzando resistencias mecánicas suficientes para uso doméstico.
- En **México**, la gestión de los residuos de construcción y demolición presenta dificultades similares a las que enfrenta Ecuador. Aunque la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos contempla este tipo de desechos, su aplicación no es uniforme en todos los municipios del país en algunas ciudades se han desarrollado plantas de reciclaje encargadas de transformar estos residuos en materiales utilizados para bases y sub-bases de pavimento, sin embargo, en muchas otras zonas del territorio

mexicano, los escombros continúan siendo eliminados en botaderos a cielo abierto o en rellenos sanitarios que no cuentan con la debida autorización.

B. Diagnóstico del manejo de residuos de construcción y demolición en el Ecuador

En Ecuador, presenta como importantes desafíos que limitan su aprovechamiento sostenible a diferencia de otros países que cuentan con marcos normativos consolidados y sistemas de tratamiento especializados

Uno de los principales inconvenientes se encuentra en la restricción del marco normativo. Aunque el Código Orgánico del Ambiente (COA) y su Reglamento dictan directrices generales para la administración de residuos, todavía no existe una legislación particular y exhaustiva dirigida únicamente a los RCD. Según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2021), todavía hay falencias importantes en cómo se manejan este tipo de residuos, y precisamente por eso la institución se ha puesto a trabajar en lineamientos y criterios técnicos que permitan mejorar la situación.

En muchas ciudades del país todavía pueden observarse los RCD se disponen de manera inadecuada es común observar escombros depositados en terreno baldíos, quebradas y cauces de ríos, vías públicas, aceras y rellenos sanitarios municipales

Figura 6

Disposición inadecuada de residuos de construcción en un espacio no autorizado del cantón Manta.



Nota. Fotografía publicada por la Alcaldía de Manta, donde se observa un vehículo cargado con escombros junto a un área utilizada para el depósito irregular de residuos de construcción.

Casos específicos urbanos:

Quito, enfrenta el manejo de sus RCD apoyándose sobre todo en empresas privadas, que se encargan de trasladarlos a escombreras autorizadas en las zonas periféricas de la capital. El problema es que una parte considerable de estos materiales nunca llega a esos sitios: acaba en botaderos clandestinos. Aunque el DMQ ha impulsado la creación de puntos de acopio para atender esta situación, su cobertura todavía deja mucho que desear

Guayaquil, la ciudad más poblada del país, no se queda atrás en estos desafíos. Según un informe de la Empresa Pública Municipal de Aseo de Guayaquil (EMAG) señala que los residuos de construcción y demolición representan una parte importante de los desechos que llegan de manera irregular al sistema municipal, aunque existen escombreras privadas para recibir estos materiales muchas operan sin permisos ambientales ni las condiciones técnicas mínimas lo que hace difícil asegurar que los residuos tengan un destino final adecuado.

Lo ocurrido en **Manta** con el terremoto de 2016 dejó en evidencia lo crítica que puede volverse esta situación. El sismo produjo cerca de 500.000 toneladas de escombros (Diario El Comercio, 2024), cantidad que sobrepasó con creces la capacidad del municipio para gestionarlos. La mayor parte de estos RCD fueron llevados a vertederos improvisados sin que se les diera ningún tratamiento ni se aprovecharan. La ciudad sigue produciendo cantidades enormes de RCD años después del suceso, al no tener una infraestructura apropiada para su gestión y a causa de la rápida expansión urbana y la reconstrucción.

3.3. Marco teórico

La presente investigación se sustenta en tres teorías que, de manera conjunta, fundamentan la propuesta de aprovechar residuos de construcción y demolición (RCD) para la fabricación de bloques ecológicos destinados a la vivienda de interés social: la teoría de la economía circular, la teoría del desarrollo sostenible y la teoría de la construcción sostenible.

3.3.1. Teoría de Economía Circular.

La economía circular se define como un modelo económico que se aparta del esquema lineal tradicional de extraer, fabricar y desechar, y se sustenta en tres principios impulsados por el diseño: eliminar los residuos y la contaminación, mantener en circulación los productos y materiales en su valor más alto, y regenerar la naturaleza; este modelo se apoya además en una transición hacia el uso de energías y materiales renovables. Se trata de un marco de soluciones sistémicas orientado a enfrentar desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los residuos y la contaminación (Ellen MacArthur Foundation,s.f.)

3.3.2. Teoría de Desarrollo Sostenible.

“El desarrollo sostenible se entiende como la forma de vivir en el presente que permite atender las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas propias, lo cual implica sostener en equilibrio tres dimensiones: el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente. Cuando existe desarrollo sostenible, se garantiza el acceso a trabajo digno, salud y educación de calidad, al mismo tiempo que se evita la contaminación y la pérdida permanente de recursos ambientales” (ONU, 2023).

3.3.3. Teoría de la construcción sostenible.

“La construcción sostenible se define como un proceso holístico orientado a restaurar y mantener la armonía entre el ambiente natural y el espacio construido, buscando generar asentamientos que reafirmen la dignidad humana y promuevan la equidad social y económica, lo cual implica adoptar nuevas prácticas de diseño, construcción, operación y mantenimiento con enfoque ambiental, social y económico. Bajo este enfoque, las edificaciones sostenibles incorporan materiales reciclables y renovables, hacen uso eficiente de la energía y el recurso hídrico, y se adaptan fácilmente a las necesidades sociales presentes y futuras” (MinAmbiente, 2022).

3.4. Marco conceptual:

A continuación, se definen los conceptos claves relacionados con la investigación:

Residuos de construcción y demolición (RCD): “Corresponden a los materiales sólidos generados durante las actividades de construcción, demolición, excavación, remodelación o reparación de obras civiles y edificaciones” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021). Estos

residuos están compuestos principalmente por materiales inertes o pétreos rocas de excavación, piedras, fragmentos de hormigón, ladrillos y restos de pavimentos asfálticos, además de metales ferrosos y no ferrosos, maderas, plásticos, vidrio, papel y cartón. Dentro del proceso constructivo, la mezcla sobrante representa alrededor del 55% de los residuos, seguida por la rotura de materiales con un 32%, entre los que destacan los bloques. A pesar de ello, más del 80% de estos residuos posee potencial de reciclaje, pudiendo reincorporarse como áridos reciclados, subbases, rellenos u otros insumos para nuevas obras

Gestión integral de residuos sólidos: “Es el enfoque estratégico para el manejo sostenible de los residuos sólidos que abarca todas las fuentes y aspectos generación, segregación, transferencia, clasificación, tratamiento, recuperación y disposición de manera integrada, con énfasis en maximizar la eficiencia en el uso de los recursos. Este enfoque integrado incluye la aplicación conjunta de las políticas 3R: reducir, reutilizar y reciclar” (CTCN, s.f.).

Valoración de residuos: Es el conjunto de procesos mediante los cuales un residuo se transforma en un recurso útil capaz de generar valor económico, energético o material, permitiendo reincorporarlo al ciclo productivo de forma sostenible en lugar de destinarlo a vertederos. Existen tres tipos principales: la valorización material (recuperación de materiales para su reutilización en procesos productivos), la valorización energética (aprovechamiento de residuos para generar electricidad, calor o combustibles) y la valorización biológica (transformación de residuos orgánicos mediante compostaje o digestión anaerobia) (Ecovirea, s.f.).

Bloques Ecológicos: “Los bloques ecológicos son elementos constructivos cuya fabricación produce un menor impacto ambiental en comparación con los materiales convencionales. Su carácter sostenible depende tanto del tipo de materia prima empleada como del proceso de producción utilizado. Estos bloques pueden ofrecer niveles adecuados de resistencia y durabilidad, convirtiéndose en una alternativa viable para el desarrollo de bioconstrucciones sin sacrificar la calidad técnica” (Quispe Maquera, 2024).

Mampostería Estructural: “Es la construcción conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero, que puede clasificarse en reforzada, parcialmente reforzada, simple (no reforzada) o de muros confinados, según la cuantía y disposición del refuerzo de acero empleado. Esta norma establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para estructuras de mampostería de hasta cuatro pisos en el Ecuador” (NEC-SE-MP, 2015).

Arquitectura sostenible: “Se caracteriza por el respeto al medio ambiente y la adaptación a sus condiciones. La conservación de los recursos mediante el uso de materiales de bajo impacto ambiental y social durante todo el ciclo de vida y la construcción es un uso sostenible de los recursos naturales, se debe tener en cuenta el diseño de interiores, el uso de la vegetación, la reducción del consumo de energía y agua” (Quispe Maquera, 2024).

Vivienda de interés social: “Las Viviendas de Interés Social (VIS) son desarrollos habitacionales diseñados para facilitar el acceso a la vivienda a familias de bajos y medianos ingresos. Estas viviendas son impulsadas a través de políticas públicas y programas gubernamentales que buscan reducir el déficit habitacional y garantizar un hogar digno para los sectores más vulnerables” (Inmobiliario, N. 2025).

Economía circular: “Es un modelo de producción y consumo orientado a optimizar el uso de los recursos mediante la reutilización, reparación, renovación y reciclaje de materiales y productos, con el fin de extender su ciclo de vida y reducir la generación de residuos” (Parlamento Europeo, 2023).

Huella de carbono: “Es la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por actividades individuales, colectivas o de productos sobre el medio ambiente, expresada generalmente en toneladas o kilogramos de dióxido de carbono equivalente (Comisión Económica para América Latina y el Caribe” [CEPAL], 2010)

Impacto ambiental: “El impacto ambiental se refiere a una alteración en el medio ambiente, la cual es causada por la actividad humana, así como por los fenómenos naturales. Esto provoca una ruptura del equilibrio ambiental” (Edenred México, s. f.).

Imagen Urbana: “La imagen urbana corresponde al conjunto de elementos naturales y contruidos que conforman el entorno visual de una ciudad. Esta comprende aspectos como los materiales y sistemas constructivos predominantes, el tamaño de los lotes, la densidad poblacional, la cobertura y calidad de los servicios básicos entre ellos agua potable, alcantarillado, energía eléctrica y alumbrado público, así como las características de la vivienda. Además, está influenciada por las costumbres, la identidad cultural, las formas de organización social y las actividades económicas que desarrollan sus habitantes” (Arqzon, 2021).

3.5. Marco Jurídico y/o normativo

El marco jurídico que respalda esta investigación reúne las principales normas nacionales e internacionales relacionadas con la gestión de residuos de construcción y demolición que constituyen a un soporte legal coherente que no solo se regula, sino que también ayuda a

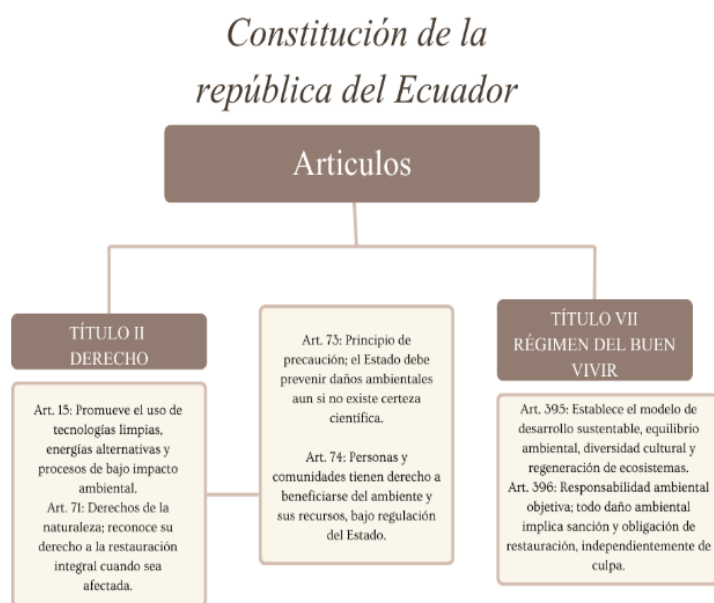
impulsar la transición hacia una construcción más sostenible, promoviendo la economía circular, el cual son las normas ecuatorianas de construcción (NEC), las normas INEN y estándares internacionales como las normas ASTM garantizan que los materiales elaborados cumplan con parámetros de calidad, seguridad y desempeño exigidos para su aplicación en proyectos habitacionales.

- **Constitución del Ecuador.**

Como principal marco jurídico que orienta las acciones en materia ambiental y de sostenibilidad, se menciona la Constitución de la República del Ecuador, en donde se consideran seis artículos indispensables: los artículos 15, 71, 74, 75, 395 y 396, los cuales funcionarán como ejes principales para la fabricación de los eco-bloques.

Figura 7

Artículos de la Constitución del Ecuador aplicables a la gestión de RCD y fabricación de eco bloques.



Nota. Mediante el mapa se hace mención de los artículos relacionados con la fabricación de bloques a partir de RCD dentro de la construcción Del Ecuador

- **Código orgánico del Ambiente (COA) y su reglamentación.**

El Código Orgánico del Ambiente (COA) constituye el cuerpo normativo que regula la gestión ambiental en el Ecuador, estableciendo los lineamientos de uso sostenible de los recursos naturales, la gestión integral de residuos y el control de la contaminación. Dentro de esta norma se dispone que toda actividad productiva debe prevenir, mitigar y restaurar los impactos generados sobre el ambiente. Asimismo, el Reglamento del COA establece que los sectores productivos tienen la obligación de minimizar sus emisiones, optimizar el uso de materias primas y promover la reutilización de materiales siempre que ello sea técnica y económicamente viable.

Figura 8

Normas y reglamentos del Código Orgánico del Ambiente (COA) aplicables a la gestión de RCD.



Nota. Mediante el mapa se visualiza las normas y reglamentos de la COA para la aplicación de gestión de RCD

- **Normas técnicas para la fabricación de bloques.**

El cumplimiento de normas técnicas es indispensable para asegurar que los materiales de la construcción cumplan con estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad; por lo cual, para la creación de los eco bloques, nos regiremos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y sus apartados.

Tabla 4

Normas NEC aplicables al manejo de RCD

NORMA NEC	APLICACIÓN
NEC-SE-HM	Hormigón armado, incluye compatibilidad de resistencia entre bloques y refuerzos.
NEC-SE	Seguridad estructural general, resistencia mínima de elementos de mampostería.
NEC-HS	Habitabilidad y seguridad: características de materiales que no afecten humedad o salubridad.

Nota. Se presentan las disposiciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción relacionadas con la gestión de RCD y su aplicación en materiales constructivos.

Tabla 5

Normas INEN relacionadas con la producción de bloques a partir de RCD

NORMA INEN	DESCRIPCIÓN
INEN 3066	Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo
NTE INEN 2619	Procedimientos de refrentado para el ensayo a compresión de bloques y prismas de mampostería
INEN 638	Bloques huecos de hormigón. Definiciones, clasificación y condiciones generales.
INEN 639	Bloques huecos de hormigón. Muestreo y ensayos
INEN 642	Bloques huecos de hormigón. Determinación de la absorción de agua

Nota. Se presentan las normas INEN consideradas para la fabricación y evaluación de bloques con incorporación de RCD.

Clasificación y tipología de bloques de hormigón

Clasificación según función estructural

La clasificación de los bloques de hormigón en Tipo A, B y C corresponde a una adaptación técnica empleada en el medio local, basada en los criterios de resistencia y uso

estructural establecidos en la norma ASTM International, (2020) y en la Norma Ecuatoriana de la Construcción - Mampostería Estructural (NEC-SE-MP).

Tabla 6

Resistencia neta mínima a la compresión simple de bloques de mampostería según clase (MPa)

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (MPa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4
*1 MPa = 10,2kg/cm²			

Nota. Los valores expresan la resistencia neta mínima a la compresión simple en megapascuales (MPa). Adaptado de NTE INEN 3066

- Debido a su mayor resistencia mecánica, los bloques **Clase A**: supera hasta 8 veces la resistencia de la Clase C y más de 3 veces la de la Clase B, lo que la hace apta para estructuras que requieren alta capacidad de carga.
- **Clase B**, un punto medio: con 4,0 MPa de promedio, es adecuada para construcciones de mediana exigencia estructural, como muros divisorios o edificaciones de baja altura con cargas moderadas.
- **Clase C**, uso no estructural: al contar con apenas 1,7 MPa en promedio, estos bloques están pensados para tabiques, cerramientos o elementos sin función portante relevante.

Además de la clasificación por función estructural, los bloques de hormigón se categorizan según su geometría:

Los **bloques huecos**: son los más utilizados en la construcción ecuatoriana debido a su practicidad y buen desempeño estructural. Se caracterizan por presentar cavidades longitudinales que ocupan entre el 50 % y el 75 % del área bruta del bloque, lo que reduce significativamente su peso y facilita tanto su manipulación como su transporte, además estas cavidades permiten el paso de instalaciones eléctricas e hidrosanitarias y hacen posible la incorporación de acero de refuerzo y concreto, aspecto fundamental cuando se emplean sistemas de mampostería reforzada. Otra de sus ventajas es que proporcionan un mejor comportamiento térmico y acústico, al tiempo que disminuyen el consumo de materiales durante su fabricación.

Bloques macizos: a diferencia de los bloques huecos presentan el 25% del área bruta lo que los hace más pesados y en consecuencia más costosos. Su uso queda reservado para aplicaciones puntuales donde se requiere mayor resistencia al fuego un aislamiento acústico superior o una capacidad portante más alta. Por su peso y precio no son tan comunes en obra.

Bloques especiales: Incluyen esquineros, de media altura, tipo U (para vigas o dinteles), y otros elementos diseñados para resolver detalles constructivos específicos.

3.6. Modelo de repertorio.

Como parte fundamental de la investigación, se buscaron dos casos de estudio o referentes dentro de un contexto latinoamericano, que abordan la reutilización de residuos de la construcción y demolición (RCD) para la fabricación de materiales de las construcción; lo que se busca es representar experiencias significativas en contextos urbanos similares a la ciudad de Manta, permitiendo usarla como lecciones aplicables para el desarrollo de nuestros Bloques ecológicos.

- **Repertorio 1:**

Fabricación de ladrillos ecológicos con residuos de construcción y demolición para su empleo en la mampostería ordinaria. Torres Baldeón, A.M. (2024)

Fundamentos de la investigación.

Esta investigación parte de la necesidad de mitigar el impacto ambiental generado por los RCD dentro de las áreas urbanas, donde se propone la fabricación de bloques ecológicos como una alternativa sostenible. Como hipótesis de la investigación es que los RCD, debidamente procesados y combinados con aglomerantes, son suficientemente efectivos para la creación de piezas constructivas con propiedades mecánicas comparables a los materiales convencionales.

Estructura metodológica.

La investigación de Torres Baldeón adopto un enfoque experimental-descriptivo, donde desarrollo su trabajo en 5 fases:

1. Caracterización de materiales: Se realizaron análisis de granulométrica y composición química de los RCD recolectados.
2. Dosificación: Se desarrollo varias mezclas con diferentes proporciones de RCD, cemento y agua.
3. Fabricación de especímenes: Se elaboraron los prototipos de bloques bajo condiciones controladas.
4. Ensayo de laboratorio: A los prototipos ya creados se le realizaron pruebas de compresión, absorción de agua y durabilidad.
5. Análisis comparativos: Evaluación de resultados frente normativas técnicas vigentes, tanto nacionales como internacionales.

Resultados principales.

Los ensayos realizados permitieron obtener un bloque con una resistencia a la compresión de 155.98 kg/cm², superando con creces el estándar mínimo para mampostería no estructural. Tuvo una absorción de agua dentro de los rangos aceptables entre 12%-15%. Dentro del costo se observó una reducción de producción del 40% y también se visualizó una disminución estimada del 35% de emisiones de CO₂ durante el proceso de producción.

- **Repertorio 2**

Residuos de construcción y demolición: Revisión sobre su composición, impactos y gestión Mejía, E., Giraldo, J. & Martínez, L. (2013)

Fundamentos de la investigación.

El segundo caso de estudio centra su análisis en la necesidad de consolidar conocimientos dispersos sobre composición, impacto ambiental y estrategias de aprovechamiento de los RCD. El estudio analiza el estado de la gestión de residuos a nivel internacional y sobre todo en América latina.

Estructura metodológica.

1. Análisis de composición típica de RCD en diferentes contextos
2. Evaluación de impactos ambientales asociados
3. Revisión de marcos normativos y políticas públicas
4. Identificación de tecnologías de valorización disponibles
5. Sistematización de casos de éxito en gestión integral de RCD

Resultados principales.

Dentro de la investigación podemos observar que los RCD representan entre el 15%-25% del total de los residuos urbanos globales, donde la composición 40-50% agregados pétreos, 30-40% materiales cerámicos y 10-15% concreto. Mediante esto se observó que el potencial de reciclaje de estos materiales es del 80%, pero debido a la falta de infraestructuras, la ausencia de normativas específicas y sobre todo la resistencia cultural, son las principales barreras para la creación de los bloques.

4. Capítulo II. Diseño Metodológico

Para elaborar los bloques experimentales, los residuos de bloques de hormigón y cerámica fueron recolectados, seleccionados, triturados y tamizados hasta obtener una granulometría adecuada. Posteriormente, este material se incorporó en la mezcla como sustituto parcial del cemento, utilizando porcentajes del 50 % y 75 %. Los demás componentes y las condiciones de fabricación se mantuvieron controlados para comparar el comportamiento de las formulaciones experimentales con el bloque de referencia.

El diseño metodológico se organizó en 4 fases secuenciales e interrelacionadas.

Fase 1: Diagnóstico y caracterización

Se caracterizó la composición de los RCD identificados en sectores seleccionados de Manta mediante visitas a puntos de disposición informal. Durante los recorridos se registró el tipo de material encontrado y se recolectaron muestras de bloques de hormigón y cerámica para el proceso experimental.

Se observó en las visitas técnicas que se hicieron a bloqueros locales, que la materia prima más utilizada es el chaki como agregado grueso, además de cemento, agua y arena en sus diversas granulometrías. La empresa HICON nos mencionó que su dosificación está formada por

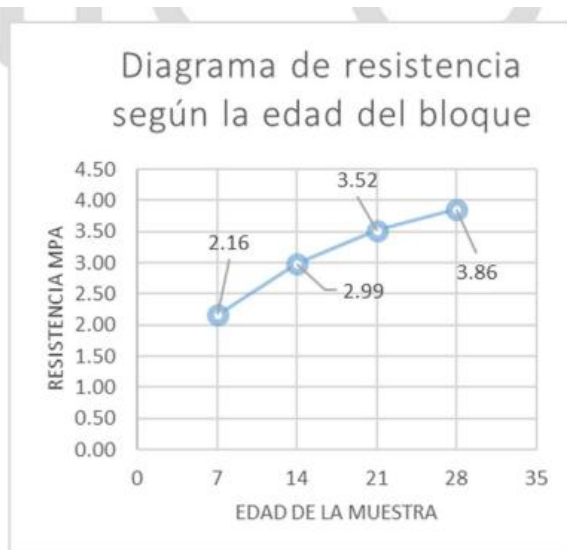
cerca del 70% de arena fina y el 30% de arena gruesa, además de chispa y arena gruesa, esta información será tomada como línea base para definir los criterios de sustitución con RCD en nuestra investigación.

Figura 9

Tabla y diagrama de resistencias según la edad de muestreo y edad del bloque

ENSAYO DE BLOQUES A LA COMPRESIÓN

HICON	Edad de la muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga Maxima	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Kg/cm2)	Porcentaje (%)
Bloque hueco 10	7	40	7	20	60.40	2.16	22.00285714	72
Bloque hueco 10	14	40	7	20	83.7	2.99	30.49071429	100
Bloque hueco 10	21	40	7	20	98.6	3.52	35.91857143	117
Bloque hueco 10	28	40	7	20	108.13	3.86	39.39021429	129



Nota. Se detalla la ficha de especificaciones técnicas del bloque que cumple con los requerimientos detallados en las normas NTE INEN 3066.

Fase 2: Diseño experimental y fabricación de prototipos

Se pretende desarrollar las diferentes formulaciones de mezclas para los bloques ecológicos, con esto fabricaremos los primeros prototipos para los cuales se debe triturar, tamizar y para poder realizar los diseños debemos regirnos por factores importantes, fundamentados en las prácticas identificadas en los bloqueros locales y ajustados a los objetivos de la investigación:

- **Porcentaje de RCD:** Se establecieron niveles de sustitución del 50 % y 75 % respecto al peso del cemento de la formulación de referencia. Esto permitió analizar el efecto del material reciclado sobre la resistencia a compresión.
- **Aglomerante:** Se utilizará cemento portland como material aglutinante principal. Entre las marcas más empleadas en el mercado local destaca UTKA, debido a su frecuente uso en las bloqueras artesanales.
- **Relación agua/cemento:** se mantendrá entre 0.45 y 0.55. En las bloqueras artesanales este valor casi nunca se mide, el agua se agrega a ojo y eso termina afectando la calidad del bloque final. Por eso, en esta investigación se va a controlar y estandarizar esta relación para obtener resultados más consistentes.
- **Dosificación:** En las bloqueras artesanales la mezcla se hace de forma empírica, con proporciones como 3 carretillas de chaki y 1 tacho de cemento. En este estudio, en cambio, se trabajará con una dosificación técnica midiendo por peso, lo que permite mayor control y que los bloques salgan parejos en cada tanda.
- **Población y muestra:** La muestra estuvo conformada por diez bloques. Nueve correspondieron a tres formulaciones experimentales: una formulación patrón sin sustitución del cemento, una con 50 % y otra con 75 % de sustitución por RCD triturado. Para cada formulación se elaboraron tres unidades, ensayadas

respectivamente a los 7, 14 y 28 días de curado. Además, se utilizó un bloque artesanal adquirido en una bloquera local como referencia comparativa.

- **Rendimiento esperado:** HICON estima un rendimiento de entre 75 y 80 bloques por saco de cemento para bloques de 15 cm, cifra que coincide con lo que reportan las bloqueras artesanales. Estos datos servirán de referencia para ver si producir bloques con RCD resulta económicamente viable.
- **Tiempos de fabricación:** Como referencia de los procesos locales, se tienen los siguientes tiempos de producción:
 - Bloque de 7 cm: 2 horas (más de 1.000 unidades)
 - Bloque de 10 cm: 1 hora y media
 - Bloque de 15 cm: 2 horas y media
 - Bloque de 20 cm: 4 horas

Para poder analizar la fase de experimentación, nos regiremos a las siguientes variables:

Tabla 7

Variables del diseño experimental

Variable	Tipo	Descripción
Porcentaje de RCD	Independiente	RCD triturado como sustituto parcial del peso del cemento: F-50 y F-75
Tipo de aglomerante	Independiente	Cemento portland
Relación agua/cemento	Independiente	0.45-0.55
Tiempo de curado	Independiente	7, 14, 28 días

Resistencia a compresión	Dependiente	MPa (kg/cm ²)
---------------------------------	-------------	---------------------------

Nota. Elaboración Propia

Fase 3: Evaluación y Ensayos de Desempeño

Ya una vez dentro de la fase 3, procederemos a evaluar el desempeño técnico de los bloques ecológicos, comparando los resultados con los bloques convencionales, y con esto cuantificar el impacto ambiental. Para esto se dividió los ensayos en 4 partes:

1. Ensayos de tipo mecánico: En este sector, se logró una resistencia a la compresión que satisfaga los estándares normativos. Según la ASTM C140 y la NTE INEN 3066, los bloques de mampostería deben tener una resistencia mínima de 1,4 MPa. El cual en la empresa HICON emplea una resistencia mínima de 2,2 MPa como referente del mercado local. En cambio, las bloqueras artesanales fabrican bloques con resistencias aproximadas de entre 1,1 y 1,5 MPa; en numerosas ocasiones estas cifras son equivalentes o inferiores al mínimo normativo.

La finalidad de este estudio es determinar si los bloques hechos con agregados reciclados son capaces de igualar o sobrepasar la resistencia mínima normativa de 1,4 MPa, con el objetivo ideal de acercarse a los valores conseguidos por HICON (2,2 MPa) para asegurar su competitividad en el mercado.

Fase 4: Evaluación Económica y de Viabilidad

En esta fase final de la investigación se determinará la viabilidad económica de producir los bloques ecológicos a mayor escala, así como su potencial de implementación en el sector de la construcción.

Análisis de costos: El análisis considerará los costos de adquisición de materias primas, procesamiento y fabricación. Como referencia, se tomarán los rendimientos obtenidos en campo:

- HICON: entre 75-80 bloques de 15 cm por saco de cemento
- Bloqueras artesanales: aproximadamente 75 bloques de 15 cm por saco de cemento; 105 bloques estándar por saco y 115 bloques de 7 huecos por saco

Se evaluó si la incorporación de RCD permite disminuir el consumo de cemento y de agregados naturales, lo que podría traducirse en una reducción de los costos de producción y en una alternativa económicamente competitiva para la fabricación de bloques destinados a viviendas de interés social.

Capacidad de producción: Las bloqueras artesanales visitadas producen aproximadamente 2.000 bloques por día con un equipo de seis trabajadores, en jornadas de 06h00 a 11h00 y de 14h00 a 16h00.

Cronograma de fases:

Tabla 8

Cronograma de fases de la investigación

Fase	Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
I	Diagnóstico y caracterización de RCD	■	■				
II	Diseño de mezclas y fabricación		■	■			
III	Ensayos de laboratorio			■	■		
III	Análisis ambiental (ACV)				■	■	

IV	Evaluación económica						
IV	Análisis de resultados						
IV	Redacción de informe final						

Nota. El símbolo ■ indica el periodo de ejecución de cada actividad. Elaboración propia

4.1. Métodos

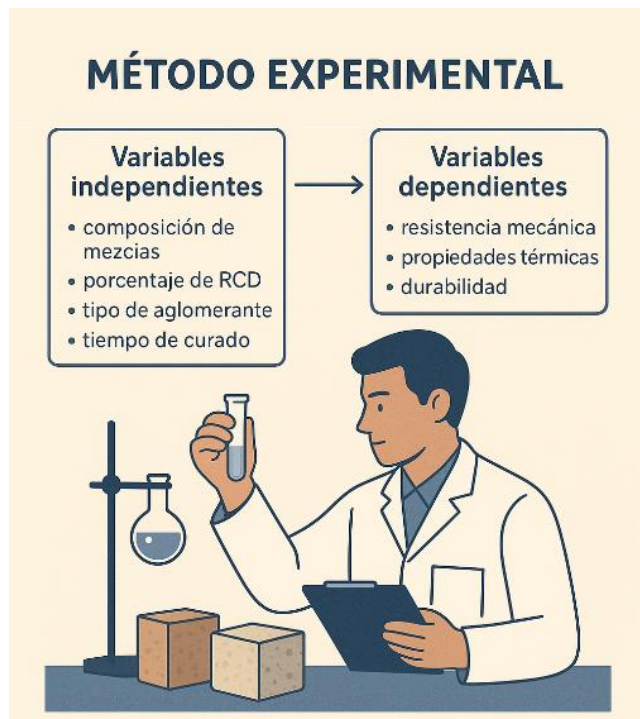
Los métodos escogidos dentro de nuestra investigación responden a la naturaleza aplicada y experimental del estudio, con el fin de garantizar la coherencia y cumplimiento de los objetivos planteados, de tal forma que el enfoque metodológico se ha definido en 3, los cuales son complementarios uno con otros.

- **Método experimental**

Se aplicó el método experimental para analizar el comportamiento de bloques elaborados con residuos triturados de bloques de hormigón y cerámica como sustitución parcial del cemento. Para ello, se estableció una formulación de referencia sin RCD y dos formulaciones experimentales con porcentajes de sustitución del 50 % y 75 %. Los bloques fueron fabricados bajo condiciones controladas y posteriormente evaluados a diferentes edades de curado mediante ensayos de resistencia a compresión.

Tabla 9

Método experimental y relación entre variables independientes y dependientes



Nota. Las variables independientes se manipulan de forma controlada para observar sus efectos sobre las variables dependientes.

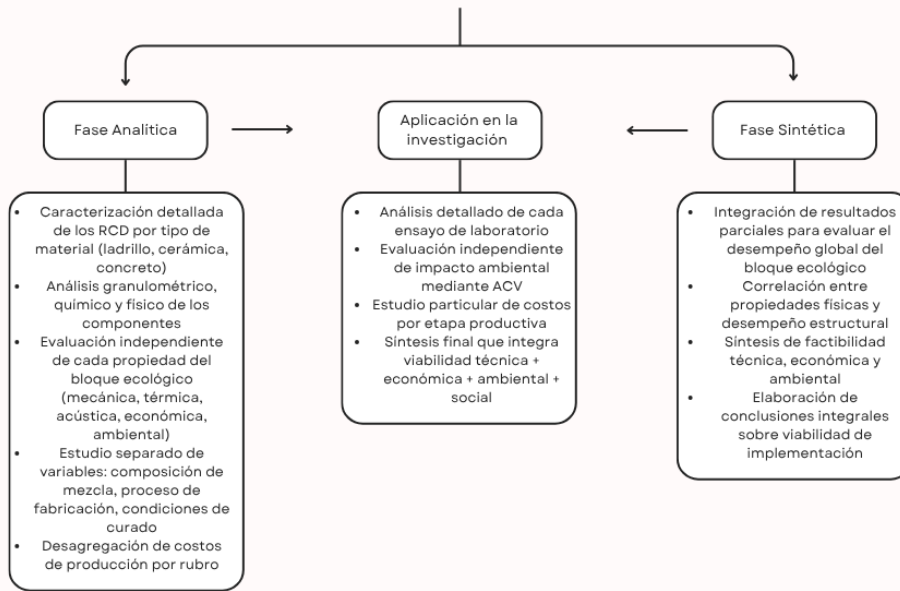
- **Método analítico-sintético**

Como segundo método tenemos una combinación de 2 operaciones complementarias dentro del pensamiento científico, como lo es el análisis, que busca descomponer el problema en sus elementos constitutivos; y la síntesis la cual nos ayuda a la integración de elementos para comprender un fenómeno global.

Figura 10

Fases del método analítico-sintético aplicado a la investigación

Fases del Método Analítico-Sintético



Nota. El método analítico-sintético se estructura en tres componentes: la fase analítica, la aplicación en la investigación y la fase sintética

Debido a la complejidad del problema, fue necesario integrar una visión amplia. No bastó con determinar la resistencia de los bloques; también se analizó la influencia del porcentaje de sustitución sobre su comportamiento y la relación de los resultados técnicos con los componentes económico y ambiental.

- **Método comparativo.**

Mediante el método comparativo se evaluó el desempeño de los bloques ecológicos tomando como referentes los bloques convencionales, los bloques artesanales y las normas técnicas aplicables. Se establecieron tres tipos principales de comparación:

1) Comparación de materiales:

- **Bloques ecológicos con RCD vs. HICON** (comparación técnica principal): Esta comparación nos permitirá establecer si nuestros bloques pueden alcanzar o aproximarse a la resistencia de 2,2 MPa lograda por HICON, que representa un estándar superior en el mercado local.
- **Bloques ecológicos con RCD frente a Bloqueras artesanales:** esta comparación permitió determinar si la propuesta superaba el desempeño del bloque artesanal utilizado como referencia.

2) Comparación normativa:

- NTE INEN 3066: Resistencia mínima de 1,4 MPa (referente normativo CLASE C)
- ASTM C140: Requisitos de resistencia a la compresión
- Estándares CEC, LEED y EDGE para construcción sostenible^{1,1}

3) Comparación económica:

- Costos de producción por unidad
- Rendimiento por saco de cemento
- Costo de construcción de vivienda de interés social
- Relación costo-beneficio incluyendo variables ambientales

Estas comparaciones permitieron identificar ventajas, limitaciones y condiciones de aplicación de los bloques desarrollados, considerando los resultados técnicos, económicos y ambientales obtenidos en la investigación.

- **Investigación metodológica**

Cada método mencionado con anterioridad, no solo opera de manera aislada, sino que se integra de forma coherente a lo largo de las diferentes fases de la investigación; esta triangulación metodológica nos ayuda a fortalecer la validez interna y externa de nuestra investigación, lo cual nos permite abordar el problema desde múltiples perspectivas y nos ayuda a generar conclusiones fundamentadas.

Tabla 10

Integración metodológica por fases de investigación

Fases	Metodologías
Fase 1 (Diagnóstico)	• Método analítico: descomposición y caracterización de RCD • Método comparativo: contraste con estándares de materiales constructivos
Fase 2 (Experimental)	• Método experimental: fabricación y ensayo de prototipos • Método analítico: evaluación de cada propiedad
Fase 3 (Evaluación)	• Método experimental: mediciones sistemáticas • Método comparativo: benchmarking con bloques convencionales y normativas • Método analítico-sintético: integración de resultados técnicos, económicos y ambientales
Fase 4 (Viabilidad)	• Método comparativo: análisis costo-beneficio • Método sintético: conclusiones integrales sobre viabilidad de implementación

Nota. Elaboración Propia.

4.2. Técnicas e instrumentos

La selección de técnicas e instrumentos respondió al enfoque mixto de la investigación. Se combinaron herramientas cuantitativas para el registro y análisis de los ensayos con técnicas cualitativas destinadas a comprender el contexto local de producción y manejo de los RCD.

4.2.1 Técnicas de recolección de datos

Técnicas cuantitativas: Se aplicó la experimentación de laboratorio para controlar el porcentaje de sustitución del cemento, el proceso de fabricación y las edades de curado. La medición directa permitió registrar las dimensiones de las muestras, la carga máxima y la resistencia a compresión. También se empleó la observación estructurada para documentar las condiciones del material y cada etapa del proceso. Finalmente, se realizó una revisión documental de normas, investigaciones y fuentes institucionales relacionadas con los RCD y los bloques de mampostería.

Técnicas cualitativas: Dentro de las técnicas cualitativas, la más relevante es la entrevista semiestructurada, ya que permite profundizar de forma flexible en el tema. Dichas entrevistas se dirigieron a actores estrechamente relacionados con el ámbito productivo de bloques, como propietarios y representantes de bloqueras industriales (caso HICON) y operarios de bloqueras artesanales. La información obtenida en estas visitas técnicas fue fundamental para comprender los procesos de producción local, identificar buenas prácticas (como el control de calidad aplicado por HICON) y detectar deficiencias técnicas (como la dosificación empírica empleada en bloqueras artesanales), insumos que orientaron directamente el diseño experimental de la presente investigación.

Como segunda técnica cualitativa se emplearon los registros fotográficos y de video, los cuales permitieron sistematizar visualmente los procesos, materiales y contextos observados durante las visitas técnicas, complementando de forma efectiva tanto las técnicas cualitativas como las cuantitativas del estudio.

4.2.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos empleados se seleccionaron de acuerdo con cada técnica y permitieron registrar de manera ordenada la información obtenida durante el trabajo de campo y la fase experimental.

A. Instrumentos para técnicas cuantitativas:

- **Ficha de observación de campo:** El instrumento fue elaborado para recopilar y organizar de manera sistemática la información obtenida durante las visitas técnicas e inspecciones de campo, considerando las observaciones efectuadas en las escombreras y bloqueras en operación (Anexo 1).
- **Formato para el registro de pruebas mecánicas:** Se empleó para documentar la identificación de las muestras, sus dimensiones, la edad de curado, la carga máxima y la resistencia a compresión obtenida. Los resultados se compararon con los requisitos de la NTE INEN 3066 y con el bloque artesanal de referencia (Anexo 2).
- **Tabla de costos:** Se utilizó para organizar los costos de materiales, procesamiento del RCD, mano de obra y gastos operativos, y para comparar el costo estimado del bloque ecológico con el del bloque convencional.
- **Planilla de control de fabricación:** Se utilizó para registrar cada lote, las cantidades de materiales, el mezclado, el moldeo, el desmoldeo y las condiciones de curado (Anexo 3).

- **Maquina de ensayo a compresión:** Se utilizó para determinar la carga máxima soportada por los bloques antes de la falla. Las muestras se colocaron entre las placas del equipo y fueron sometidas a una carga progresiva. Con la carga registrada y el área de aplicación se calculó la resistencia a compresión, expresada en MPa o N/mm² (Figura 30).
- **Tamices:** Se utilizaron para clasificar el material triturado según el tamaño de sus partículas y retirar los fragmentos que no cumplieran con la granulometría seleccionada para las formulaciones experimentales (Figura 23).
- **Máquina de trituración:** Se empleó la máquina de Los Ángeles del laboratorio de la Facultad de Ingeniería para reducir el tamaño de los residuos de bloques de hormigón y cerámica. Este procedimiento facilitó el tamizado y la preparación del RCD utilizado como sustituto parcial del cemento (Figura 23).
- **Moldes artesanales:** Los moldes realizados con madera se utilizaron para conformar los bloques experimentales y mantener dimensiones similares en todas las unidades fabricadas. La mezcla fue colocada y compactada de manera manual. (Figura 26)

B. Instrumentos para técnicas cualitativas:

- **Guía de entrevista semiestructurada:** La aplicación de este instrumento estuvo dirigida a propietarios y representantes de empresas bloqueras, como HICON, así como a operarios de bloqueras artesanales, con el fin de recopilar información técnica sobre procesos de producción, dosificación, rendimientos y control de calidad empleados en el contexto local (Anexo 4)
- **Registro fotográfico:** Esta herramienta permitirá organizar de forma sistemática la evidencia visual recopilada durante la investigación, garantizando la trazabilidad y el

contexto de los procesos de curado, los ensayos realizados y las condiciones observadas en las bloqueras inspeccionadas (Anexo 5).

Cronograma de aplicación de fichas.

Tabla 11

Cronograma de aplicación de instrumentos de recolección de datos

Instrumento	Semana 1–4	Semana 5–8	Semana 9–12	Semana 13–16	Semana 17–20	Semana 21–24
Fichas de observación de campo	■ ■ ■ ■					
Fichas de caracterización de RCD	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■				
Planillas de control de fabricación		■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■			
Formatos de ensayos mecánicos			■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■		
Matriz de costos				■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	
Guías de entrevista				■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
Registros fotográficos	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■

Nota. El símbolo ■ ■ ■ ■ representa el periodo de aplicación de cada instrumento durante las 24 semanas de investigación.

4.3. Fuentes

La investigación se apoya en dos tipos de fuentes: **primarias**, que generan datos nuevos obtenidos directamente por el investigador, y **secundarias**, que recogen información ya existente. Ambas permiten comprender el problema desde lo técnico, lo social y lo contextual.

Fuentes Primarias

- **Ensayos de laboratorio:** Pruebas realizadas a los bloques ecológicos con RCD para conocer su resistencia
- **Mediciones de campo:** Durante las visitas a los puntos de acumulación de escombros se registraron la ubicación de los depósitos y los tipos de materiales observados.
- **Registros de costos:** Se recopiló información sobre los gastos asociados con la producción experimental, incluidos materiales, energía y mano de obra.
- **Control de fabricación:** Se documentaron las dosificaciones, el procedimiento de elaboración y las condiciones de curado de los bloques.
- **Entrevistas técnicas:** Se recogieron los criterios y experiencias de propietarios, representantes y operarios de bloqueras locales sobre los procesos de producción, dosificación y control de calidad.
- **Observación directa:** Se efectuaron observaciones en puntos de disposición de RCD y bloqueras locales para registrar el manejo de los residuos y los procesos de fabricación y curado.

Fuentes Secundarias

- **Datos oficiales:** se consultó información publicada por el INEC, el MIDUVI y el GAD Manta sobre vivienda, población y gestión de residuos.

- **Normas técnicas:** se revisaron las normas INEN, ASTM y la Norma Ecuatoriana de la Construcción para identificar los criterios aplicables a los materiales y ensayos.
- **Investigaciones de costos:** se analizaron estudios previos, listas de precios y datos del mercado local para comparar los costos de producción.
- **Literatura científica:** se revisaron artículos, tesis y publicaciones especializadas sobre economía circular, RCD y materiales de construcción sostenibles.
- **Documentos jurídicos:** se revisaron normas y leyes vinculadas con la construcción y la gestión ambiental.
- **Reportes institucionales:** se utilizaron informes de organismos nacionales e internacionales para complementar el análisis de sostenibilidad y gestión de residuos.
- **Prensa:** se revisaron noticias de medios nacionales y locales para contextualizar la problemática de los escombros y las iniciativas implementadas para su aprovechamiento.

5. Procedimiento para la elaboración de bloques

5.1. Recolección de RCD

La recolección de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), destinados a la producción de agregados reciclados para bloques de construcción no puede concebirse como una simple operación de retiro de escombros, sino como el primer eslabón de una cadena de valorización que exige criterios técnicos precisos desde el origen mismo de los residuos.

Los residuos de bloques de cemento y cerámica fueron recolectados en sectores previamente identificados de la ciudad de Manta. Posteriormente, se efectuó una selección manual para retirar tierra, materia orgánica, metales, plásticos y otros elementos que pudieran afectar la mezcla

Una vez separado los RCD, estos deben ser almacenados temporalmente en zonas específicas, en contenedores apropiados, de manera que se evite la contaminación de estos. Este control en el almacenamiento es particularmente importante para los bloques de construcción, donde la resistencia a compresión son parámetros críticos de calidad.

5.2. Trituración de RCD

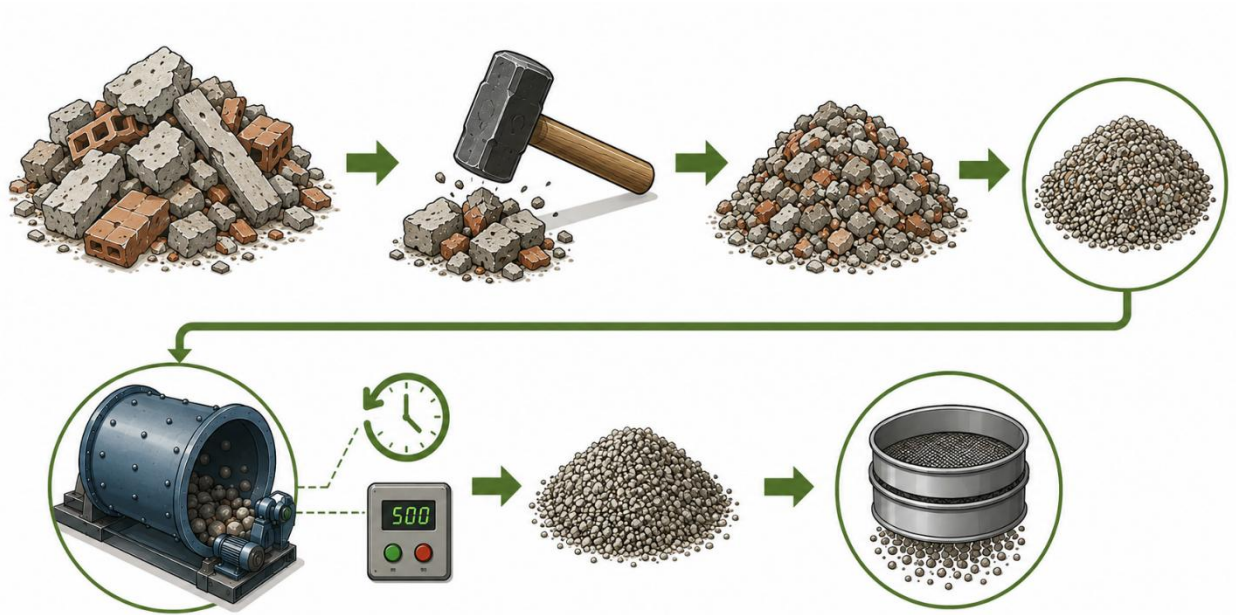
La trituración constituyó la etapa central del procesamiento de los residuos de bloques de hormigón y cerámica. El proceso consistió en reducir mecánicamente el tamaño de los fragmentos hasta obtener un material fino y uniforme, apto para su incorporación como sustituto parcial del cemento en las formulaciones experimentales.

El objetivo técnico de la trituración no se limita a la simple reducción de tamaño, sino que busca obtener un material con características físicas, mecánicas y químicas suficientemente homogéneas y controladas para garantizar la calidad del producto final.

Para triturar el material se empleó la máquina de Los Ángeles del laboratorio de la Facultad de Ingeniería. Aunque este equipo se utiliza habitualmente en ensayos de desgaste de agregados, en la investigación se usó como mecanismo de trituración controlada. Los fragmentos de bloques de hormigón y cerámica se sometieron a 500 revoluciones para obtener un material homogéneo y reproducible entre las muestras procesadas.

Figura 11

Proceso de trituración de RCD para obtener el material de sustitución



Nota. Proceso experimental de trituración y tamizado del RCD empleado como sustituto parcial del cemento. Elaboración propia.

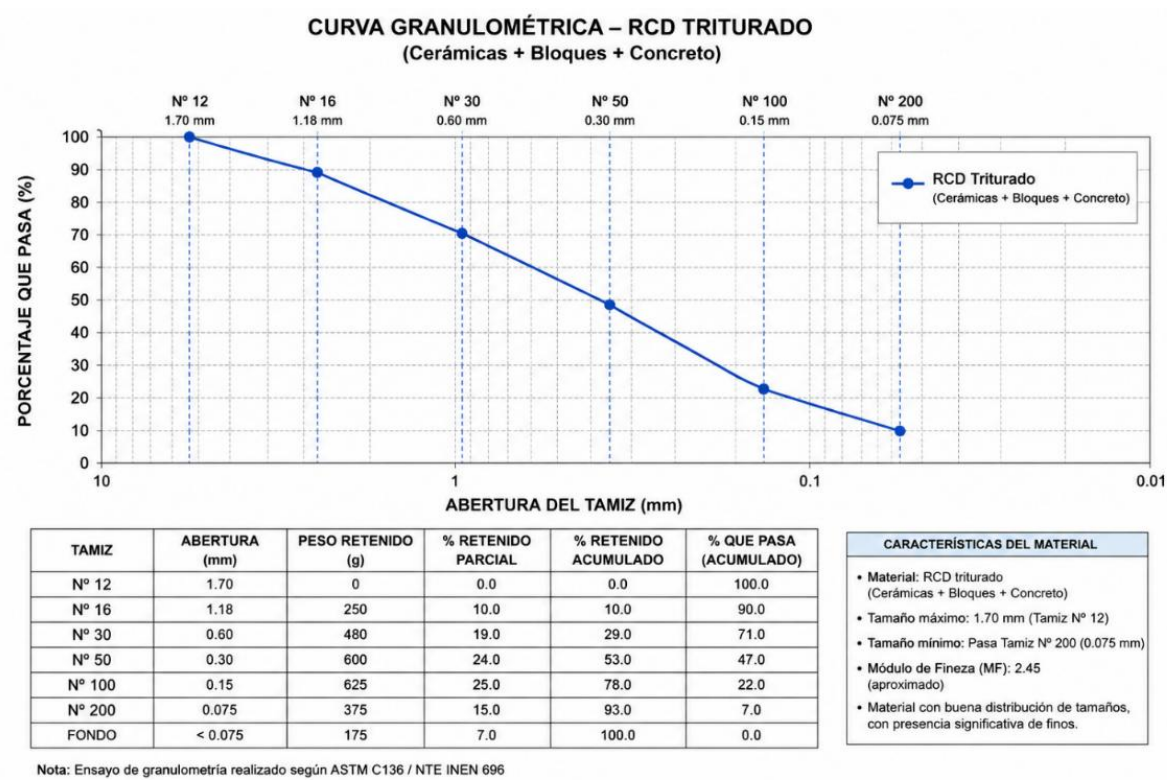
5.3. Tamización de RCD

Una vez concluida la trituración en la máquina de Los Ángeles, el material se tamizó en seco para separar y clasificar sus fracciones granulométricas. Los tamices se dispusieron en orden decreciente de abertura y se sometieron a vibración manual. Este procedimiento permitió retirar las partículas de mayor tamaño y obtener un material uniforme para las formulaciones experimentales.

El proceso consistió en colocar el material triturado sobre una serie de tamices normalizados dispuestos en orden decreciente de abertura de malla, sometiéndolos a vibración manual durante un tiempo determinado; la tamización cumple una función doble en el marco de

esta investigación: por un lado, permite caracterizar el producto obtenido tras la trituración y verificar que su distribución granulométrica se encuentre dentro de los rangos admisibles para agregados de uso constructivo; por otro, garantiza la uniformidad de la materia prima empleada en la fabricación de los bloques, condición indispensable para que los resultados de los ensayos de resistencia sean comparables y reproducibles.

Figura 12
Curva granulométrica del RCD triturado (cerámica, bloques y concreto)



Nota Elaboración Propia con base al tamizado mecánico en el laboratorio.

5.4. Fabricación de Moldes

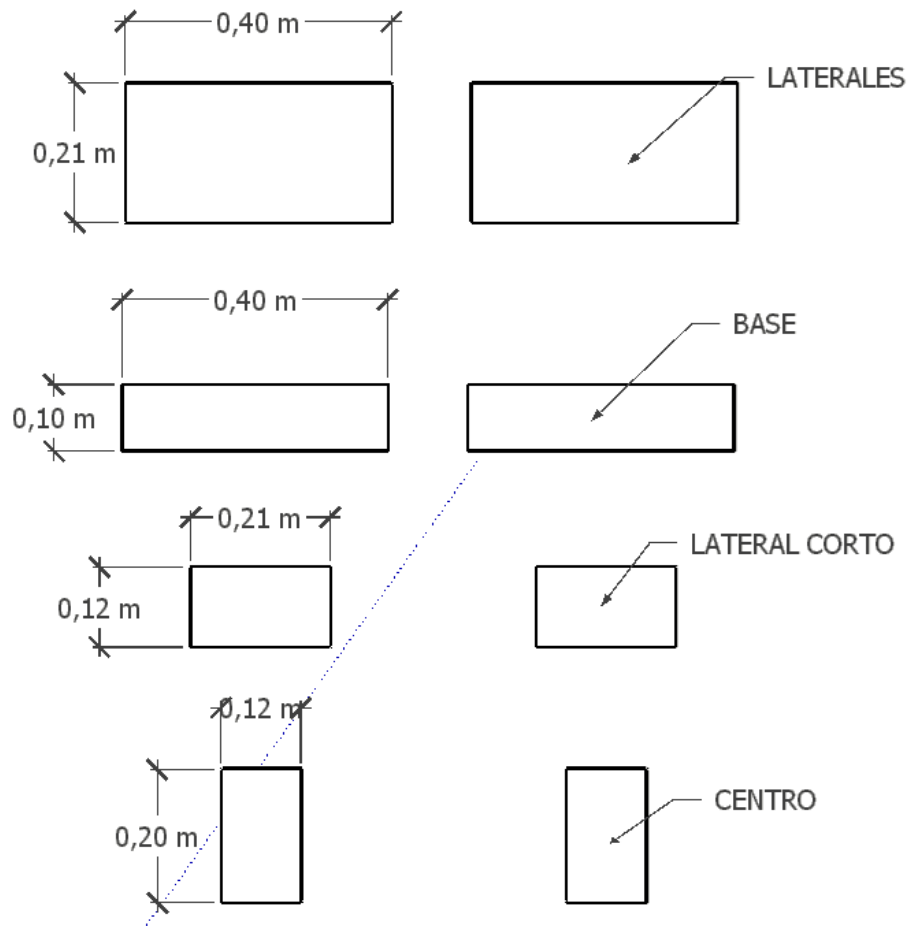
Para la fabricación de los bloques, se elaboraron moldes artesanales a partir de madera contrachapada (plywood), material seleccionado por su disponibilidad, bajo costo, facilidad de

corte y ensamblaje, y suficiente rigidez para mantener la geometría de la pieza durante el proceso de llenado y fraguado de la mezcla.

Las dimensiones del molde fueron definidas en función del tamaño estándar del bloque de construcción, que especifica medidas nominales de 40 x 10 x 20 cm (largo × ancho × alto). Las piezas de plywood fueron trazadas y cortadas con precisión, considerando el espesor del material en los ensambles para asegurar que las dimensiones internas del molde correspondan exactamente a las del bloque requerido. Para esto se realizaron los moldes de forma digital con el programa Sketchup, con el fin de ser lo más precisos en las medidas.

Figura 13

Modelado de piezas de moldes para bloques.



Nota. Elaboración propia con base en las medidas estandarizadas de los bloques.

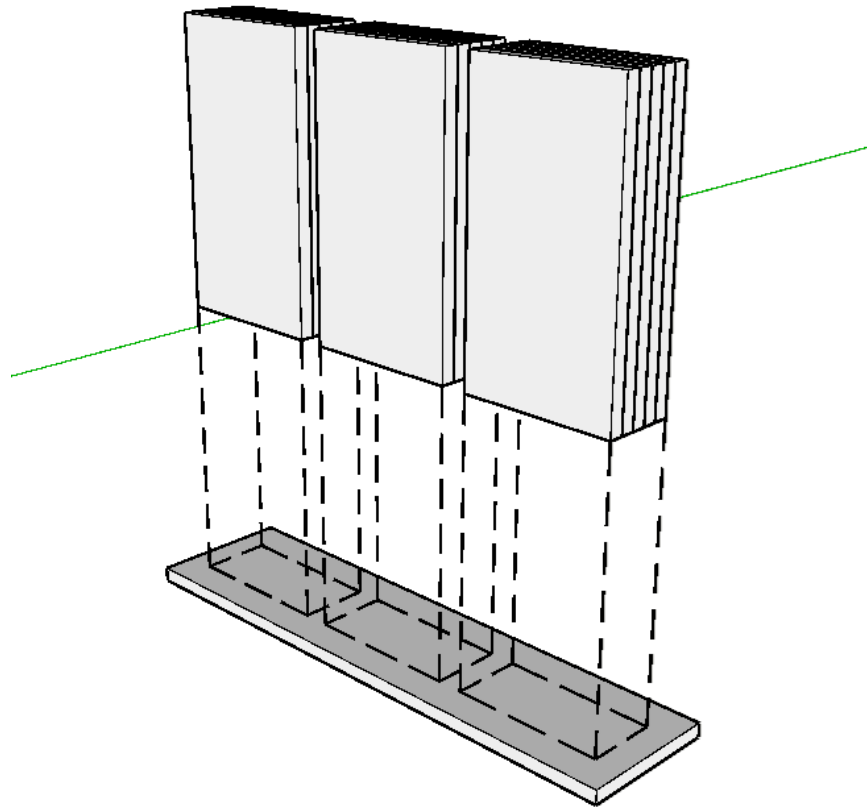
Una vez teniendo las piezas cortadas, empezamos con el ensamblaje, las piezas fueron unidas con tornillos para madera, verificando con escuadra metálica que todos los ángulos interiores sean de 90°, condición indispensable para obtener bloques con geometría regular y caras planas. Las uniones fueron reforzadas en los bordes exteriores para evitar deformaciones durante el llenado con la mezcla.

Como primer paso para el ensamblaje, iniciamos uniendo los tacos centrales a la base del encofrado, dejando una separación de 2 cm entre cada uno, eso nos permite a que al momento

del llenado no tengamos problemas por temas del movimiento de piezas, también los tacos centrales son aquellos que nos permitirán hacer los espacios huecos del bloque.

Figura 14

Axonometría de ensamblaje de tacos centrales.

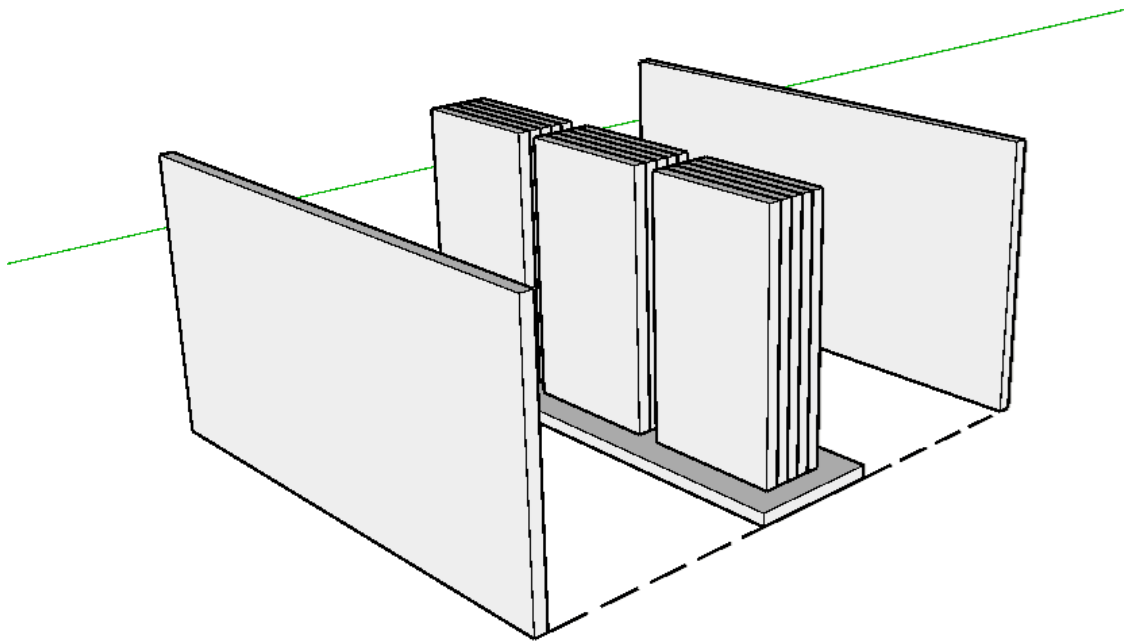


Nota. Elaboración propia con base en las medidas estandarizadas de los bloques.

Una vez colocado los tacos centrales, se procede a colocar las caras laterales más largas, fijándolas a la base con tornillos de madera, asegurándonos que queden bien fijadas y que los tornillos sean colocados correctamente, evitando complicaciones.

Figura 15

Axonometría de ensamblaje de caras laterales del molde

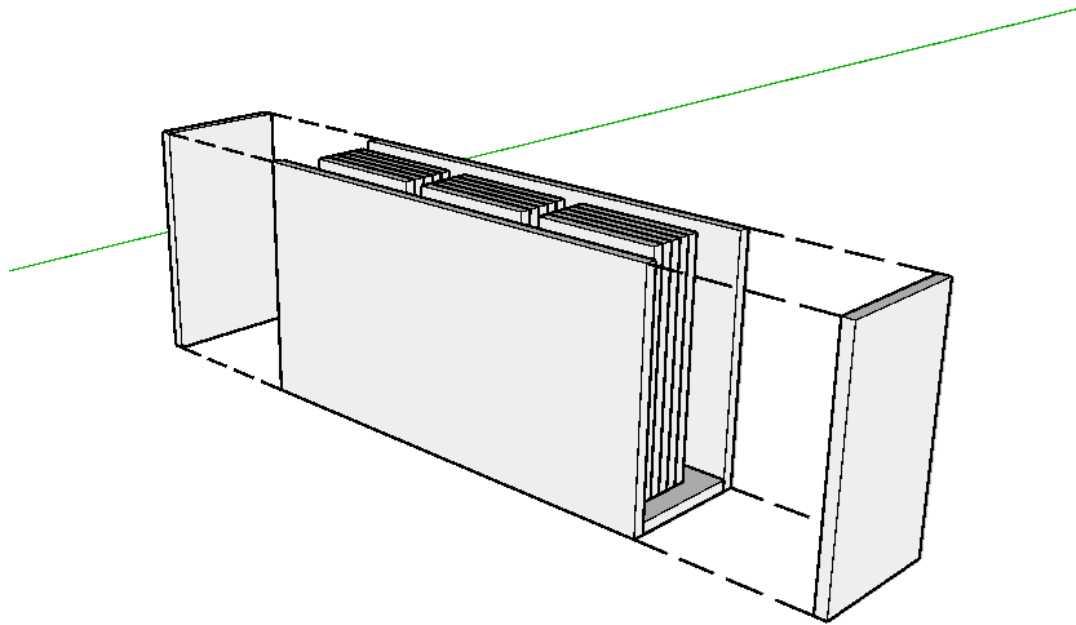


Nota. Elaboración propia con base en las medidas estandarizadas de los bloques.

Finalmente se colocan las piezas laterales más cortas, primero se deben fijar a la base, respetando el grosor del material, para que la altura del bloque sea exacta; posteriormente se deben fijar a las caras laterales largas, asegurándonos que la medida entre cara y cara sea la misma (10 cm) para que el bloque sea lo más preciso posible.

Figura 16

Axonometría de ensamblaje caras laterales cortas



Nota. Elaboración propia con base en las medidas estandarizadas de los bloques.

Ya ensamblado el molde, se procede a la parte de impermeabilización, en nuestro caso, las caras internas fueron lijadas con anterioridad y una vez juntas, se pintaron con aceite quemado, con el fin de evitar que el hormigón se pegue al molde y al momento de desmoldar sea más eficiente.

5.5. Fabricación de bloques.

Para la elaboración de los bloques se prepararon tres formulaciones: una mezcla de referencia sin incorporación de RCD y dos mezclas experimentales, en las que se sustituyó el 50 % y 75 % del peso del cemento por residuos triturados de bloques de hormigón y cerámica. Los demás materiales fueron incorporados según las cantidades definidas para cada dosificación.

Posteriormente con el molde previamente armado, verificado en sus dimensiones y lubricado con desmoldante en sus caras internas, se procedió al llenado con la mezcla fresca en 5

capas sucesivas de altura aproximadamente igual, con el fin de facilitar la compactación uniforme del material en toda la sección del bloque.

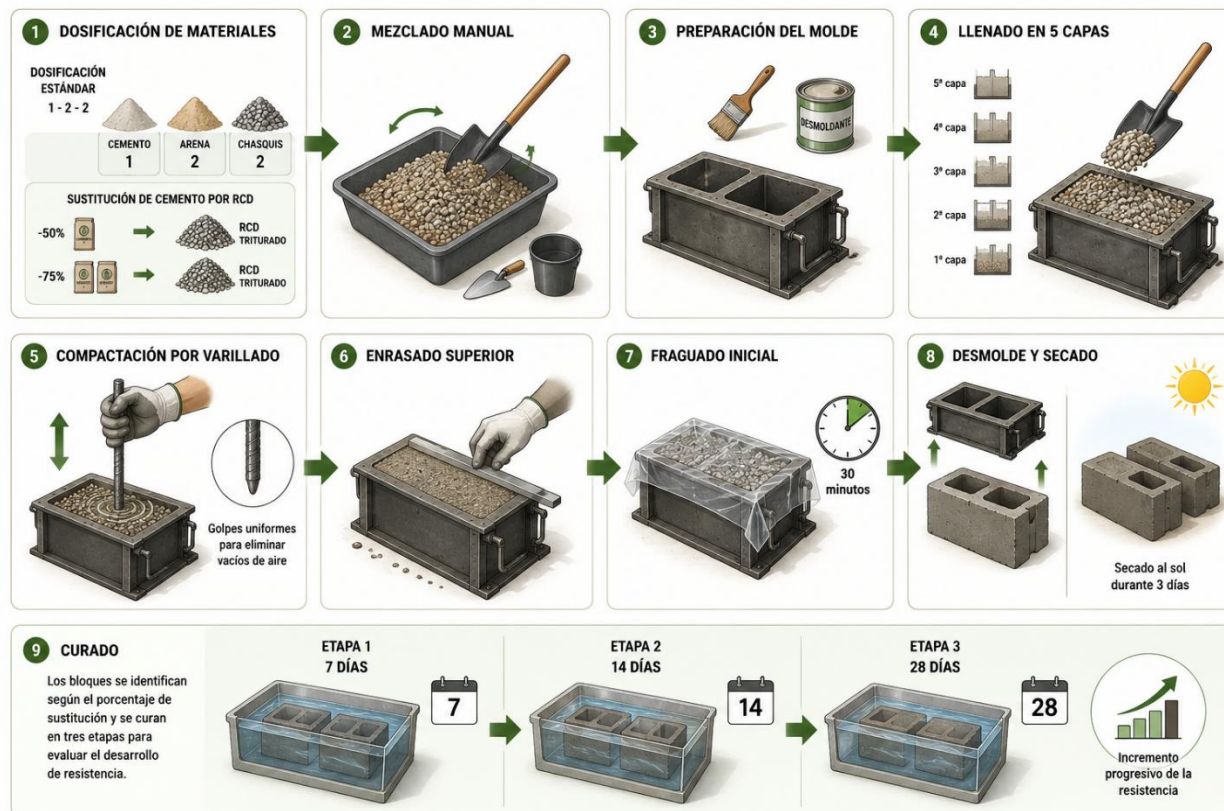
Cada capa de mezcla fue compactada mediante varillado manual, aplicando golpes distribuidos uniformemente sobre toda la superficie de la capa con una varilla de acero, Este proceso busca eliminar los vacíos de aire atrapados durante el llenado, los cuales, de permanecer en la masa del bloque, reducirían su resistencia a compresión y aumentarían su permeabilidad. Una vez compactada la última capa la superficie superior del bloque fue nivelada con una regla metálica retirando el material sobrante y obteniendo una cara superior plana y nivelada.

Una vez finalizado el proceso de llenado los bloques fueron dejados en fraguado durante aproximadamente 30 minutos, después se procedió al desmolde de cada unidad permitiendo su secado al sol durante un período de 3 días para garantizar una adecuada pérdida de humedad inicial.

Después del secado, los bloques fueron identificados según el porcentaje de sustitución correspondiente, con el fin de iniciar el proceso de curado. Este proceso se desarrolló en tres etapas: 7, 14 y 28 días, períodos establecidos para evaluar el incremento progresivo de la resistencia y favorecer el desarrollo óptimo de la resistencia del cemento.

Figura 17

Proceso de fabricación y curado de bloques con incorporación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD)



Nota. Proceso de fabricación, secado y curado de bloques con sustitución parcial de cemento mediante RCD triturado. Elaboración Propia.

6. Capítulo III. Diagnóstico y resultados de la investigación

6.1 Elaboración del diagnostico

Dentro de la ciudad de Manta ha presentado un constante crecimiento urbano y constructivo durante los últimos años, lo cual ha generado un incremento considerable de residuos de construcción y demolición (RCD), los cuales provienen principalmente de obras civiles, remodelaciones y demoliciones, y en muchos casos son depositados de manera inadecuada en espacios abiertos o en sectores periféricos de la ciudad, ocasionando impactos ambientales negativos

Entre los materiales que más aparecen en los RCD están ladrillos, bloques de hormigón, cerámica y mortero, todos con características que los hacen aprovechables en nuevos procesos constructivos. Aun así, en la ciudad todavía se recicla y reutiliza muy poco de todo esto

Frente a esta realidad, se vuelve necesario explorar alternativas más sostenibles que ayuden a reducir la acumulación de escombros y a depender menos de los materiales naturales.

En este contexto, la reutilización de RCD para la fabricación de bloques de construcción representa una opción viable desde el punto de vista ambiental y técnico.

De tal forma que, para el desarrollo de esta investigación, los residuos fueron recolectados, triturados y clasificados, para posteriormente ser incorporados en diferentes dosificaciones para la elaboración experimental de bloques ecológicos. Mediante este análisis se pudo identificar que los RCD pueden ser aprovechados como material reciclable dentro del sector de la construcción, lo cual contribuye a un manejo sostenible de residuos y a la protección del medio ambiente.

6.2 Presentación de resultados y discusión

Para evaluar el comportamiento mecánico se analizaron cuatro tipos de bloques: un bloque patrón sin sustitución del cemento, dos formulaciones experimentales con 50 % y 75 % de sustitución, y un bloque artesanal adquirido en una bloquera local como referencia comparativa.

La resistencia a compresión se determinó mediante la aplicación progresiva de carga sobre los bloques hasta alcanzar su falla. Antes del ensayo se registraron las dimensiones y el

área de carga de cada unidad. Posteriormente, la resistencia se calculó dividiendo la carga máxima soportada para el área sometida a compresión.

De acuerdo a la formula:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- f_c : resistencia a compresión, expresada en MPa o N/mm².
- P: carga máxima soportada, expresada en N.
- A: área de aplicación de la carga, expresada en mm².

Recordar que:

$$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$$

Los resultados obtenidos fueron comparados con los requisitos establecidos en la NTE INEN 3066 y la ASTM C90, considerando la clasificación y el uso previsto para los bloques.

Tabla 12

Resistencia a compresión de bloques según mezcla y edad de curado

Tipo de bloque	7 días (N/mm ²)	14 días (N/mm ²)	28 días (N/mm ²)
Bloque con 100% de cemento	4.46	6.00	7.95
Bloque con 50% de RCD	2.37	5.09	5.60
Bloque con 75% de RCD	2.19	4.29	5.02
Bloque tradicional	1.43	1.55	2.26

Nota. Elaboración Propia a partir de los ensayos en laboratorio de la facultad de ingeniería

(2026)

Los resultados obtenidos muestran que la resistencia a la compresión aumentó conforme avanzó el tiempo de curado en todas las mezclas evaluadas. El bloque elaborado únicamente con cemento registró los valores más altos durante los 7, 14 y 28 días de ensayo, alcanzando una resistencia de 7,95 N/mm² al finalizar el período de curado.

6.2.1. Discusión de resultados.

Los resultados obtenidos evidencian que el tiempo de curado influye directamente en el desarrollo de la resistencia a la compresión de los bloques elaborados. En todas las mezclas analizadas se observó un incremento progresivo de la resistencia entre los 7, 14 y 28 días de curado, comportamiento que se atribuye al proceso continuo de hidratación del cemento, el cual favorece la formación de compuestos cementantes y la consolidación de la matriz interna del material.

El bloque patrón elaborado con 100 % de cemento presentó los mayores valores de resistencia a compresión durante todo el periodo de evaluación, alcanzando 4,46 N/mm² a los 7 días, 6,00 N/mm² a los 14 días y 7,95 N/mm² a los 28 días. Este comportamiento era previsible debido a que la mezcla no contiene materiales reciclados que puedan modificar la estructura interna del bloque o generar zonas de menor adherencia entre los componentes.

En cuanto a los bloques fabricados con residuos de construcción y demolición (RCD), se observó que la mezcla con 50 % de sustitución alcanzó resistencias de 2,37 N/mm², 5,09 N/mm² y 5,60 N/mm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Por su parte, la mezcla con 75 % de RCD registró valores de 2,19 N/mm², 4,29 N/mm² y 5,02 N/mm² en los mismos periodos de curado. Estos resultados demuestran que la incorporación de RCD no impide el desarrollo de resistencia mecánica, aunque sí produce una disminución respecto al bloque patrón.

Al comparar las mezclas con RCD, el bloque con 50 % de sustitución presentó el mejor desempeño mecánico a partir de los 14 días y superó en aproximadamente 12 % al bloque con 75 % de RCD a los 28 días. Este comportamiento puede relacionarse con una mayor proporción de cemento disponible y una estructura interna con menor presencia de vacíos.

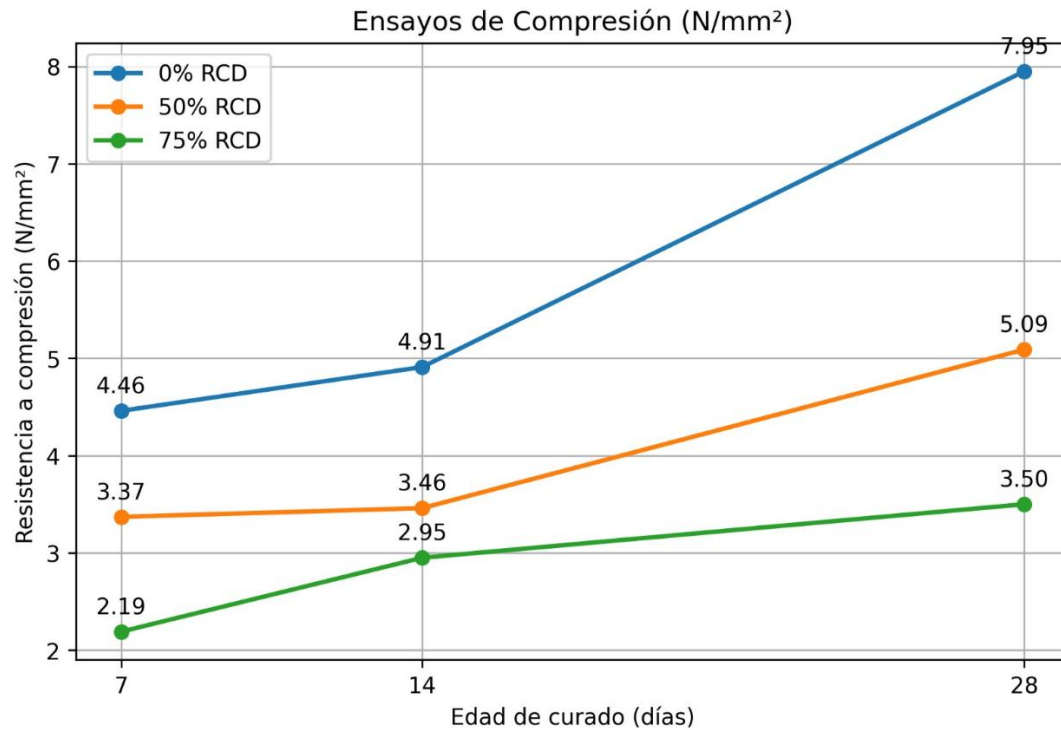
El bloque artesanal utilizado como referencia presentó los valores más bajos de resistencia: 1,43 N/mm² a los 7 días, 1,55 N/mm² a los 14 días y 2,26 N/mm² a los 28 días. A los 28 días, el bloque con 50 % de sustitución alcanzó una resistencia aproximadamente 148 % mayor, mientras que el bloque con 75 % superó al bloque artesanal en alrededor de 122 %. Los resultados sugieren que una dosificación controlada puede mejorar el desempeño respecto de algunos productos elaborados mediante procesos artesanales.

Otro factor que pudo influir favorablemente en el desempeño de los bloques experimentales fue el control aplicado durante su fabricación. A diferencia del procedimiento que habitualmente se utiliza en las bloqueras artesanales, donde la cantidad de cada material depende de la experiencia del fabricante, esta investigación se desarrolló con una dosificación previamente establecida. Esto permitió mantener un mejor control durante la preparación de las mezclas y obtener bloques con una composición más uniforme.

Los ensayos realizados durante esta investigación muestran que la sustitución parcial del cemento por residuos triturados de bloques de hormigón y cerámica influyó en la resistencia a compresión de los bloques. La formulación con 50 % de sustitución alcanzó una resistencia de 5,60 MPa a los 28 días, mientras que la formulación con 75 % obtuvo 5,02 MPa. Ambos valores fueron superiores a los 2,26 MPa registrados por el bloque artesanal utilizado como referencia.

Figura 18

Resistencia a compresión de bloques según su porcentaje de RCD y días de curados



Nota. Los valores corresponden a la resistencia máxima registrada en cada bloque ensayado, expresada en N/mm².

7 Prefactibilidad económica.

La presente evaluación de prefactibilidad económica tiene como objetivo determinar la viabilidad preliminar de la fabricación de bloques de hormigón elaborados con residuos de construcción y demolición (RCD), considerando la reducción del consumo de cemento y el aprovechamiento de materiales reciclados como alternativa.

La propuesta plantea la incorporación del 50% y 75% de RCD dentro de la mezcla, reduciendo el contenido de cemento utilizado en la fabricación de los bloques.

7.1. Parámetros considerados

Para el análisis económico se utilizaron los siguientes valores de referencia:

Tabla 13

Valores de referencia utilizados en el análisis económico

Concepto	Valor
Precio del saco de cemento	USD 10,00
Precio del saco de arena	USD 1,07
Precio del saco de piedra chispa	USD 0,75
Costo de trituración del RCD	USD 1,25/m ³
Costo de recolección del RCD	USD 0,00
Precio de venta del bloque convencional de 10 cm	USD 0,59

Nota. Valores obtenidos mediante consultas realizadas a proveedores y bloqueras locales. El costo de recolección del RCD se consideró nulo porque el material fue recuperado directamente por los investigadores.

7.2 Costos de producción estimados

Para estimar el costo de cada bloque se analizaron los materiales utilizados en la mezcla, el procesamiento del RCD y los principales gastos del proceso de fabricación, entre ellos la mano de obra, el consumo de agua, la energía eléctrica y el mantenimiento de los equipos. A partir de este análisis se obtuvo el costo unitario de producción.

Tabla 14

Costo estimado de producción del bloque con RCD

Concepto	Costo estimado por bloque (USD)
Cemento	0,083
Arena	0,036
Piedra chispa	0,025
Trituración del RCD	0,003
Mano de obra y operación	0,073
Costo total estimado	0,22

Nota. El costo unitario incluye materiales, trituración del RCD, mano de obra y gastos operativos asociados al proceso de fabricación. Los valores se expresan en dólares estadounidenses por bloque. Elaboración Propia.

Por lo tanto, el costo de producción estimado del bloque elaborado con RCD es de aproximadamente USD 0,22 por unidad.

7.3 Comparación económica

Con el fin de evaluar la competitividad del producto, se realizó una comparación al bloque convencional disponible en el mercado.

Tabla 15

Comparación económica

Concepto	Bloque convencional	Bloque con RCD
Precio de venta	USD 0,59	USD 0,50

Costo de producción estimado	USD 0,40	USD 0,22
Utilidad estimada por bloque	USD 0,19	USD 0,28

Nota. Los valores de utilidad se calcularon mediante la diferencia entre el precio estimado de venta y el costo de producción de cada bloque. Elaboración Propia.

Los resultados muestran que el bloque elaborado con RCD puede comercializarse a un precio inferior al bloque convencional y, aun así, generar una utilidad superior debido a sus menores costos de fabricación.

7.4 Reducción de costos

La reducción porcentual del costo de producción se calculó mediante la siguiente expresión:

- Reducción (%) = $((0,40 - 0,22) \div 0,40) \times 100$
- Reducción (%) = 45%

Esto indica que la incorporación de RCD permite disminuir aproximadamente un 45% los costos de producción en comparación con un bloque convencional.

7.5 Escenario de comercialización

Se propone un precio de venta de USD 0,50 por unidad, valor que representa una reducción del 15,3% respecto al precio de mercado del bloque convencional.

El análisis de costos muestra que el uso de bloques elaborados con RCD puede representar una alternativa económicamente conveniente para proyectos de vivienda e infraestructura. De acuerdo con la estimación realizada, una compra de 10.000 bloques permitiría un ahorro aproximado de USD 900, como se muestra a continuación:

- $(\text{USD } 0,59 - \text{USD } 0,50) \times 10.000 = \text{USD } 900$

Esta diferencia de costo puede traducirse en una reducción del presupuesto destinado a la adquisición de materiales, especialmente en proyectos que requieren un gran volumen de bloques.

7.6 Escenario de industrialización

En caso de que el reciclaje y la trituración de los RCD se implementen de forma industrial, el costo del procesamiento podría disminuir, ya que una mayor escala de producción suele mejorar la eficiencia y distribuir los costos operativos entre un mayor número de unidades. Bajo estas condiciones, el costo unitario de producción podría reducirse aún más, incrementando la competitividad del producto y favoreciendo la implementación de modelos de economía circular en el sector de la construcción.

7.7 Conclusión de prefactibilidad económica

Los resultados obtenidos indican que la fabricación de bloques con incorporación del 50% de residuos de construcción y demolición presenta condiciones favorables de prefactibilidad económica. El costo unitario estimado de producción es de aproximadamente USD 0,22 por bloque, valor inferior al costo de producción de un bloque convencional.

De acuerdo con el análisis realizado, el bloque puede ofrecerse a un precio aproximado de USD 0,50 por unidad, lo que permite mantener un margen de rentabilidad y, al mismo tiempo, aprovechar los residuos de construcción y demolición.

La sustitución parcial del cemento por RCD triturado permitió disminuir la cantidad de cemento utilizada en las formulaciones experimentales. Esta reducción puede representar un

ahorro en el costo de producción, siempre que los gastos de recolección, transporte, trituración y tamizado de los residuos no superen el valor del cemento sustituido.

8. Prefactibilidad ambiental.

La creciente generación de residuos de construcción y demolición (RCD) constituye uno de los principales desafíos ambientales del sector de la construcción. Estos residuos, cuando no reciben una gestión adecuada, suelen ser depositados en botaderos clandestinos, rellenos sanitarios o espacios no autorizados, generando impactos negativos sobre el paisaje, el suelo y los ecosistemas circundantes.

La presente investigación propone la incorporación del 50% de RCD triturado en la fabricación de bloques de hormigón, permitiendo aprovechar materiales reciclados dentro del proceso constructivo y reduciendo el consumo de cemento, uno de los materiales con mayor impacto ambiental dentro de la industria de la construcción.

8.1 Aprovechamiento de residuos de construcción y demolición

La utilización de RCD permite reincorporar al proceso productivo materiales que normalmente son considerados desechos, disminuyendo la acumulación de escombros en botaderos y espacios no autorizados. Estudios recientes en Latinoamérica han demostrado la viabilidad técnica de aprovechar el 100% de los agregados gruesos y finos provenientes de RCD en la fabricación de concretos estructurales, cumpliendo las normativas técnicas vigentes (Mejía-de-Gutiérrez et al., 2023).

8.2 Reducción del consumo de cemento

La dosificación propuesta está compuesta por:

- 0,5 porciones de cemento.
- 0,5 porciones de RCD triturado.
- 2 porciones de arena.
- 2 porciones de piedra chispa.

La sustitución del 50% del cemento por material reciclado reduce la demanda de materias primas y los impactos ambientales asociados a la fabricación de cemento Portland. Esta estrategia es consistente con el uso de cementantes híbridos, en los que el contenido de cemento Portland (OPC) se reduce a proporciones de entre el 10% y el 30% sin comprometer la resistencia mecánica estructural exigida por la normativa (Mejía-de-Gutiérrez et al., 2023).

8.3 Reducción potencial de emisiones de CO₂

De acuerdo con un estudio de evaluación del ciclo de vida (LCA) del cemento Portland Ordinario producido en una planta sudafricana representativa, la producción de 1 kg de cemento genera 0,993 kg de CO₂ equivalente, de los cuales el 98,8% corresponde a emisión directa de CO₂ (Akintayo et al., 2024). Este valor, obtenido mediante la metodología ReCiPe con datos primarios de planta, sustituye a la estimación genérica utilizada previamente (40 kg CO₂ por saco de 50 kg) y ofrece una base más representativa para el cálculo de las emisiones evitadas en la mezcla propuesta.

Considerando que la propuesta reduce en un 50% el contenido de cemento utilizado en la fabricación de bloques, se estima una disminución proporcional de las emisiones asociadas a este material.

Por lo tanto, la implementación de bloques elaborados con RCD contribuye a la reducción de la huella de carbono del proceso constructivo y favorece el desarrollo de edificaciones con menor impacto ambiental.

8.4 Evaluación de Emisiones de CO₂

- Con base en el factor de emisión obtenido mediante LCA para cemento Portland Ordinario (0,993 kg CO₂ eq/kg de cemento; Akintayo et al., 2024):

Tabla 16

Emisiones estimadas asociadas al cemento en el escenario convencional

Concepto	Valor
Cemento utilizado	50 kg
Factor de emisión	0,993 kg CO ₂ eq/kg
Emisiones generadas	49,65 kg CO ₂ eq

Nota. Las emisiones se calcularon considerando 50 kg de cemento y un factor de 0,993 kg de CO₂ equivalente por kilogramo de cemento producido. Adaptado de Akintayo et al. (2024).

- Para el componente de RCD, se utiliza el factor de emisión reportado para la producción de agregados reciclados a partir de RCD (6,64 kg CO₂ eq por tonelada de agregado producido, equivalente a 0,00664 kg CO₂ eq/kg; Sousa et al., 2026), que incluye transporte y procesamiento (trituración y tamizado):

Tabla 17

Emisiones estimadas de la mezcla con incorporación de RCD

Concepto	Valor
Cemento utilizado	25 kg
RCD utilizado	75 kg

Emisiones por cemento (0,993 kg CO ₂ eq/kg)	24,83 kg CO ₂ eq
Emisiones por procesamiento de RCD (0,00664 kg CO ₂ eq/kg)	0,17 kg CO ₂ eq
Emisiones totales estimadas	25,00 kg CO₂ eq

Nota. Las emisiones del cemento se calcularon con el factor establecido por Akintayo et al.

(2024), mientras que las correspondientes al procesamiento del RCD se estimaron con base en Sousa et al. (2026). Los valores se expresan en kilogramos de CO₂ equivalente.

- Reducción de emisiones

Tabla 18

Reducción estimada de emisiones de CO₂ de la mezcla propuesta

Indicador	Valor
Emisiones convencionales	49,65 kg CO ₂
Emisiones de la propuesta	25,00 kg CO ₂
Reducción obtenida	24,65 kg CO ₂
Porcentaje de reducción	= 49,7 %

Nota. La reducción se obtuvo mediante la comparación entre las emisiones del escenario convencional y las emisiones estimadas de la mezcla con RCD. Los resultados corresponden a un cálculo preliminar de prefactibilidad ambiental. Elaboración Propia.

8.5 Evaluación del Consumo Energético

De acuerdo con datos de LCA de plantas de reciclaje de RCD, el procesamiento de agregados reciclados requiere aproximadamente 1,23 kWh de electricidad por tonelada de material producido, además de 2,14 L de diésel para las operaciones de transporte interno y externo y manejo con cargador frontal (Sousa et al., 2026).

Por su parte, la producción de cemento es reconocida como un proceso de alta intensidad energética, con consumos de energía térmica y eléctrica que representan entre el 20% y el 40% del costo total de producción (Akintayo et al., 2024).

- Para una cantidad equivalente de 50 kg de material:

Tabla 19
Consumo energético estimado del cemento y del procesamiento de RCD

Proceso	Consumo energético estimado
Producción de 25 kg de cemento	Energía térmica y eléctrica equivalente a 20–40% del costo de producción del cemento (intensidad reportada en literatura)
Procesamiento de 25 kg de RCD reciclado	$\approx 0,031$ kWh de electricidad + $\approx 0,054$ L de diésel (a razón de 1,23 kWh/t y 2,14 L/t)

Nota. El consumo correspondiente al procesamiento del RCD se calculó a partir de los factores reportados por Sousa et al. (2026). La información relacionada con la intensidad energética de la producción de cemento se tomó de Akintayo et al. (2024).

En la mezcla propuesta, la sustitución del 50% del cemento por RCD permite reducir aproximadamente a la mitad el consumo energético asociado a la fabricación del material.

8.6 Conservación de recursos naturales

La utilización de materiales reciclados dentro de la mezcla permite disminuir parcialmente la demanda de recursos naturales empleados en la producción de materiales de construcción.

Entre los principales recursos cuya extracción puede reducirse se encuentran:

- Materiales pétreos provenientes de canteras.

- Agregados para la construcción.
- Recursos energéticos asociados a la producción de cemento.

Esta reducción contribuye a la conservación de recursos naturales y a la disminución de los impactos ambientales derivados de la explotación de materias primas.

8.7 Aplicación en proyectos de vivienda de interés social

Como caso de referencia se analizó un proyecto de vivienda de interés social desarrollado en el año 2020, compuesto por 18 viviendas, donde se ejecutaron aproximadamente 2.897,46 m² de mampostería de bloque de hormigón de 10 cm. Considerando que un metro cuadrado de mampostería requiere aproximadamente 12,5 bloques, se estima un consumo total de 36.218 bloques de hormigón.

La utilización de bloques elaborados con RCD en un proyecto de esta magnitud permitiría:

- Reaprovechar una cantidad significativa de residuos de construcción.
- Reducir el consumo de cemento asociado a la mampostería.
- Disminuir las emisiones de CO₂ derivadas de la producción de materiales.
- Reducir la presión sobre los sitios de disposición final de escombros.
- Promover prácticas constructivas sostenibles en programas habitacionales.

8.8 Evaluación ambiental comparativa

Tabla 20

Comparación ambiental entre el bloque convencional y el bloque con RCD

Indicador Ambiental	Bloque Convencional	Bloque con RCD
Aprovechamiento de residuos	No aplica	Sí
Consumo de cemento	Alto	Reducido en 50%
Generación de escombros	Alta	Reducida
Emisiones de CO ₂	Altas	Menores
Extracción de recursos naturales	Alta	Reducida
Aplicación de economía circular	No	Sí
Impacto ambiental global	Medio-Alto	Bajo-Medio

Nota. La comparación presenta una valoración cualitativa elaborada a partir del aprovechamiento de residuos, el consumo de cemento, las emisiones estimadas y la reducción en la extracción de materias primas. Elaboración Propia.

8.9 Beneficios ambientales identificados

La implementación de bloques elaborados con RCD presenta los siguientes beneficios ambientales:

- Disminución de residuos de construcción enviados a disposición final.
- Reducción del consumo de cemento Portland.
- Menor generación de emisiones de dióxido de carbono.
- Conservación de recursos naturales utilizados en la construcción.
- Impulso a procesos de economía circular.
- Contribución al desarrollo de edificaciones más sostenibles.

8.10 Conclusión de prefactibilidad ambiental

Desde el punto de vista ambiental, la sustitución parcial del cemento por residuos de bloques de hormigón y cerámica puede contribuir al aprovechamiento de materiales que normalmente serían desechados. Asimismo, la reducción en el consumo de cemento podría

disminuir los impactos relacionados con su fabricación. Sin embargo, para determinar con precisión este beneficio sería necesario realizar un análisis de ciclo de vida que incluya el transporte, la trituración y el procesamiento de los residuos.

9. Aplicación potencial en proyectos de vivienda de interés social.

Con el fin de evaluar el impacto económico de la propuesta, se analizó un proyecto de vivienda ejecutado en el año 2020, compuesto por 18 viviendas de interés social, en el cual se registró una superficie total de mampostería de 2.897,46 m² construida con bloques de hormigón de 10 cm.

Considerando que cada metro cuadrado de mampostería requiere aproximadamente 12,5 bloques de dimensiones 10 × 20 × 40 cm, se estima un consumo total de 36.218 bloques para la ejecución del proyecto.

Tomando como referencia el precio de mercado del bloque convencional (USD 0,59 por unidad) y el precio propuesto para el bloque elaborado con RCD (USD 0,50 por unidad), se obtuvo la siguiente comparación económica:

- Costo con bloque convencional: USD 21.368,62.
- Costo con bloque elaborado con RCD: USD 18.109,00.

Los resultados muestran un ahorro potencial de USD 3.259,62 en la adquisición de bloques para mampostería, equivalente a una reducción aproximada del 15,3% respecto al sistema convencional.

Este análisis evidencia que la incorporación de bloques fabricados con residuos de construcción y demolición no solo representa una alternativa ambientalmente sostenible, sino

también una opción económicamente favorable para programas de vivienda de interés social, permitiendo optimizar recursos y reducir costos de construcción.

10. Conclusión

El desarrollo de la presente investigación permitió alcanzar los objetivos planteados y generar conocimiento aplicado sobre el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición como materia prima alternativa en la industria de la construcción. A partir del proceso experimental realizado, se establecen las siguientes conclusiones:

Sobre el diagnóstico urbano y la caracterización de los RCD

En algunos sectores urbanos observados en Manta se identificaron residuos de construcción y demolición depositados en espacios no autorizados. Entre los materiales observados predominaron fragmentos de hormigón, bloques, ladrillos y cerámica. Para la fase experimental se seleccionaron residuos de bloques de hormigón y cerámica, que fueron triturados y tamizados antes de utilizarse como sustitutos parciales del cemento.

Sobre el desempeño mecánico de los bloques ecológicos

Los resultados obtenidos permitieron identificar el potencial de los residuos triturados de bloques de hormigón y cerámica como sustitutos parciales del cemento en la fabricación de bloques. Entre las formulaciones estudiadas, el bloque con 50 % de sustitución presentó el mejor comportamiento a compresión, alcanzando 5,60 MPa a los 28 días, mientras que el bloque con 75 % registró 5,02 MPa. Estos resultados son preliminares, por lo que se requieren ensayos complementarios de absorción, densidad, durabilidad y estabilidad dimensional antes de recomendar su aplicación definitiva en viviendas de interés social.

11. Recomendaciones

Los resultados alcanzados durante esta investigación permitieron identificar diversas oportunidades para fortalecer la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Manta. En función de estos hallazgos, se presentan las siguientes recomendaciones, dirigidas a las instituciones y actores vinculados con el manejo de estos residuos y con el desarrollo de proyectos de vivienda de interés social.

- **Para el Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta (GAD):**

Resultaría conveniente impulsar una política municipal enfocada en la gestión integral de los residuos de construcción y demolición. Esta estrategia podría incluir la implementación de centros de acopio controlados, espacios para la clasificación de materiales y plantas de trituración que faciliten su valorización y reutilización. Con estas acciones se contribuiría a disminuir la disposición inadecuada de escombros y a disponer de materia prima para iniciativas sostenibles como la desarrollada en esta investigación.

- **Para el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)**

Se sugiere incorporar la utilización de bloques ecológicos fabricados con RCD como alternativa técnica aprobada dentro de los programas de vivienda de interés social, estableciendo criterios de calidad mínimos alineados con la NTE INEN 3066 y la NEC. Esto permitiría reducir los costos por unidad habitacional y ampliar la cobertura de los programas habitacionales.

- **Para futuros investigadores**

Se considera ampliar el estudio incorporando ensayos de absorción de agua, conductividad térmica y durabilidad a largo plazo, con el fin de caracterizar de manera integral el

bloque ecológico. Asimismo, se sugiere explorar formulaciones con porcentajes de RCD superiores al 75%, así como la incorporación de otros tipos de residuos como el vidrio reciclado o el plástico, a fin de diversificar las alternativas constructivas sostenibles.

Una siguiente etapa del proyecto podría consistir en construir un módulo habitacional utilizando los bloques ecológicos desarrollados. De esta manera sería posible evaluar su comportamiento bajo condiciones reales de funcionamiento y obtener información que complemente los resultados obtenidos en laboratorio.

- **Para las bloqueras locales y productores artesanales**

Se recomienda adoptar procesos de dosificación técnica y curado controlado, dejando de depender únicamente de métodos empíricos empleados de forma tradicional, de acuerdo a las pruebas desarrolladas durante esta investigación evidenciaron que un adecuado control de las proporciones de la mezcla y del proceso de curado favorece el incremento de la resistencia mecánica de los bloques, independientemente del material empleado.

- **Para la carrera de Arquitectura de la ULEAM**

Resulta conveniente institucionalizar esta línea de investigación en el campo de la arquitectura sostenible y la tecnología constructiva alternativa, promoviendo convenios con el GAD Manta, bloqueras locales y laboratorios de materiales, con el fin de continuar generando evidencia científica aplicable al contexto urbano de la ciudad.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Akintayo, B. D., Olanrewaju, O. A., & Olanrewaju, O. I. (2024). Life Cycle Assessment of Ordinary Portland Cement Production in South Africa: Mid-Point and End-Point Approaches. *Sustainability*, 16(7), 3001. <https://doi.org/10.3390/su16073001>

Arqzon. (2021, 21 de noviembre). *¿Qué es la imagen urbana?*
<https://arqzon.com.mx/2021/11/20/que-es-la-imagen-urbana/>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial Suplemento 983. <https://www.ambiente.gob.ec>

ASTM International. (2019). *ASTM C55-19: Standard Specification for Concrete Building Brick*. <https://www.astm.org>

ASTM International. (2020a). *ASTM C90-20: Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units*. <https://www.astm.org>

ASTM International. (2020b). *ASTM C129-20: Standard Specification for Non-Loadbearing Concrete Masonry Units*. <https://www.astm.org>

Atencio Layme, C. Y. (2025). Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de caucho reciclado de NFU y tereftalato de polietileno (PET). *Sciencevolution*, 4(2), 210-222.
<https://doi.org/10.61325/ser.v4i2.195>

Bravo, G. O. (2025, 15 de abril). *Instructivo RCD: Nueva normativa sobre residuos de construcción en Ecuador*. Meythaler Zambrano Abogados.
<https://www.meythalerzambranoabogados.com/post/instructivo-rcd-ecuador-2025>

Cardona Howard, F. S., Rengifo Rojas, L. A., Guarín Martínez, J. F., Mazo Castro, D. G., & Arbeláez Pérez, O. F. (2020). Evaluación de las propiedades mecánicas de ladrillos elaborados con residuos de vidrio y plástico. *Lámpsakos*, 24, 60-73. <https://doi.org/10.21501/21454086.3725>

Climate Technology Centre & Network [CTCN] S. F. *Integrated solid waste management*. Recuperado de <https://www.ctc-n.org/technologies/integrated-solid-waste-management>

Congreso de la República del Perú. (2016). *Decreto Legislativo N.º 1278: Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Diario El Peruano. <https://www.gob.pe/minam>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Recuperado de <https://biblioguias.cepal.org/huellacarbono>

Diario El Comercio. (2024). *La gestión de escombros tras el terremoto en Ecuador*. <https://www.elcomercio.com>

Parlamento Europeo. (2023, 24 de mayo). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>

Presidencia de la República del Ecuador. (2018, 25 de enero). *Convocatoria pública nacional al sector inmobiliario y de la construcción para la implementación del programa Casa para Todos*. <https://www.presidencia.gob.ec/convocatoria-publica-nacional-al-sector-inmobiliario-y-de-la-construccion-para-la-implementacion-del-programa-casa-para-todos-2/>

- Ecovirea. S. F. *Qué es la valorización de residuos y por qué es tan importante*.
<https://ecovirea.com/valorizacion-residuos-que-es/>
- Edenred México. (s. f.). *Impacto ambiental: tipos, causas y soluciones*.
<https://www.edenred.mx/blog/impacto-ambiental-tipos-causas-y-soluciones>
- Ellen MacArthur Foundation. S. F. *¿Qué es una economía circular?*
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia-circular/vision-general>
- Gil, S. A. (2023, 7 de noviembre). *¿Qué es la arquitectura sostenible y cómo impacta en el diseño de un futuro mejor?* Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta. (2022). *Ordenanza Municipal No. 18-2022 sobre gestión integral de residuos sólidos*. Gaceta Oficial Municipal.
- Gobierno de La Rioja. (s. f.). *Definiciones de residuos de construcción y demolición*.
<https://www.larioja.org>
- Gutiérrez, M. (s. f.). *Registro Oficial No. 10*. <https://www.registroficial.gob.ec>
- Heras, M. T., & Saidón, M. (2024). La ausencia de políticas integrales de economía circular. En M. Saidón & S. Sorroche (Eds.), *¿Qué hacer con los residuos?* (Cap. 11). TeseoPress.
- IEA, IRENA & UN Climate Change High-Level Champions. (2023). *Breakthrough Agenda Report 2023: Cement*. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/breakthrough-agenda-report-2023/cement>

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2016). *NTE INEN 3066: Bloques huecos de hormigón. Requisitos*. <https://www.normalizacion.gob.ec>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023, 4 de octubre). *201.279 personas más viven en Manabí*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/201-279-personas-mas-viven-en-manabi/>

Inmobiliario, N. (2025, 11 de marzo). *¿Qué son las Viviendas de Interés Social (VIS)?* Blog Nexo Inmobiliario. <https://nexoinmobiliario.pe>

Jefatura del Estado. (2008). *Real Decreto 105/2008 sobre residuos de construcción y demolición*. Boletín Oficial del Estado, 38, 7724-7730. <https://www.boe.es>

ManglAI. (2023). *Residuos de construcción y demolición*. <https://www.manglai.io>

Mejía-de-Gutiérrez, R., Robayo-Salazar, R., y Valencia-Saavedra, W. (2023). Residuos de construcción y demolición como materia prima de concretos y elementos de construcción obtenidos mediante activación alcalina. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 47(184), 505–519. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1892>

Mendoza, B. (2025, 1 de junio). *Manta proyecta un boom inmobiliario que bordea los USD 170 millones en 2025*. Primicias. <https://www.primicias.ec>

Mero Mero, M. B. (2022). *[Título completo de la tesis]* [Trabajo de titulación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/5064/1/ULEAM-ARQ-0152.PDF>

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). *Perfil ambiental de España 2012*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/RESIDUOS_tcm30-185216.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MinAmbiente]. (2022). *Construcción sostenible*. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/construccion-sostenible/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2017). *Resolución 472 de 2017: Gestión integral de residuos de construcción y demolición*. <https://www.minambiente.gov.co>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE]. (2021). *Gestión integral de residuos sólidos en Ecuador*. <https://www.ambiente.gob.ec>

Ministerio de Medio Ambiente de Chile. (2017). *Guía de economía circular y valorización de residuos*. Gobierno de Chile.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2016). *NEC-SE-DS: Cargas sísmicas – Diseño sismo resistente*. <https://www.mit.gob.ec>

Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-MP]. (2015). *Mampostería estructural*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Recuperado de <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec9.pdf>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2023). *¿En qué consiste el desarrollo sostenible?* Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2023/08/what-is-sustainable-development/>

Purchase, C. K., Zulayq, D. M. A., O'Brien, B. T., Kowalewski, M. J., Berenjian, A., Tarighaleslami, A. H., & Seifan, M. (2021). Circular economy of construction and demolition waste: A literature review. *Materials*, 15(1), 76. <https://doi.org/10.3390/ma15010076>

Quip Legal. (2021). *Residuos de construcción y demolición (RCD)*. <https://quip.legal>

Quispe García, J. (2020). *Resistencia mecánica de muros de albañilería con ladrillos ecológicos* [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo.

Quispe Maquera, R. (2024). *Elaboración de ladrillos ecológicos con plástico PET y papel reciclado* [Tesis de pregrado]. Universidad Privada San Carlos.

República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Ministerio de Defensa del Ecuador.

Sabaté, I. (2014). *La vivienda desde una perspectiva antropológica*. Academia.edu.

Salazar, D. L. M., Sánchez-Molina, J., y otros autores. (2023). Desarrollo de bloques de concreto livianos utilizando residuos de construcción y demolición y cenizas de termoeléctrica. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(42), 78–85.
<https://doi.org/10.24054/rcta.v2i42.2672>

Santos Jiménez, R. (2018). *Reciclaje de residuos de construcción y demolición para nuevos materiales sostenibles* [Tesis doctoral].

Secretaría Distrital de Ambiente. (2021, 28 de octubre). *¿Sabes qué son los residuos de construcción y demolición (RCD) y cómo disponerlos desde tu casa o empresa?*
<https://www.ambientebogota.gov.co/noticias-de-ambiente1/->

[/asset_publisher/CWsNLtoGa4f6/content/-sabes-que-son-los-residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd-y-como-disponerlos-desde-tu-casa-o-empresa-](#)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. <https://www.gob.mx/semarnat>

Sousa, I. C. F. de, Pereira, C. H. de A. F., & Fraga, Y. S. B. (2026). Life Cycle Assessment of Recycled Aggregate Production in the Federal District, Brazil. *Recycling*, 11(5), 94. <https://doi.org/10.3390/recycling11050094>

Torres Baldeón, A. M. (2024). *Fabricación de ladrillos ecológicos con residuos de construcción y demolición* [Tesis de pregrado]. Universidad Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/15962>

13. ANEXOS.

Anexo 1.

FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

Código: FOC-R1

Fecha: 20-03-2026

Hora: 5:04 pm

Estudiante: Delgado Coveña Belén y Moreira Cobeña Marco

Lugar: Urb. Manta Azul

Coordenadas GPS: -0.9662968446057737, -80.76367415033569

1. OBJETIVO DE LA OBSERVACIÓN

- ☒ Identificar puntos de generación de RCD
- ☐ Verificar condiciones de acopio y manejo de escombros
- ☒ Registrar disponibilidad de materiales reciclables
- ☐ Observar procesos constructivos o demoliciones
- ☐ Otro: _____

2. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

Tipo de zona: ☒ Urbana ☐ Periurbana ☐ Rural

Accesibilidad: ☒ Alta ☐ Media ☐ Baja

Uso de suelo predominante: ☒ Residencial ☐ Comercial ☐ Industrial ☐ Mixto

Presencia de residuos: ☐ Alta ☒ Media ☐ Baja

Observaciones generales:

Durante el recorrido realizado en diferentes sectores de la ciudad de Manta se identificó la presencia de residuos de construcción y demolición depositados en terrenos vacíos, aceras y espacios públicos. Se observó una limitada clasificación de los materiales, predominando bloques de hormigón, ladrillos cerámicos, fragmentos de concreto y restos de cerámica, evidenciando el potencial de aprovechamiento para procesos de reciclaje.

3. IDENTIFICACIÓN DE RCD

Tipo de material	Presencia (✓)	Estado físico	Posibilidad de aprovechamiento
Ladrillo cerámico/ Ladrillo	☒	☐ Bueno ☒ Regular ☐ Malo	☐ Alta ☒ Media ☐ Baja
Bloque Hormigón/ Concreto	☒	☐ Bueno ☒ Regular ☐ Malo	☒ Alta ☐ Media ☐ Baja
Cerámica / Azulejos	☒	☒ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	☒ Alta ☐ Media ☐ Baja
Madera	☐	☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja
Metales	☐	☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja
Otros: _____	☐	☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja

4. CONDICIONES DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO

- ☐ Escombros clasificados por tipo
- ☐ Mezcla de residuos diversos
- ☐ Presencia de humedad o contaminantes
- ☐ Espacio adecuado de almacenamiento
- ☒ Falta de señalización o control

5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN PRELIMINAR

Se determinó que existe una importante disponibilidad de materiales reciclables provenientes de residuos de construcción y demolición. Sin embargo, la ausencia de procesos de clasificación y almacenamiento limita su reutilización, representando una oportunidad para implementar estrategias de economía circular mediante la fabricación de bloques ecológicos.

Anexo 2.

ENSAYO DE COMPRESIÓN

Norma de referencia: ASTM C90

1. IDENTIFICACIÓN DEL ESPÉCIMEN

Campo	Dato
Código:	FOC-R1
Formulación:	F-50: sustitución del 50 % del peso del cemento por RCD triturado.
Edad:	7 días
Fecha de fabricación:	27-04-2026
Fecha de ensayo:	8-05-2026

2. DIMENSIONES DE LA MUESTRA

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	40	cm
Ancho	10	cm
Alto	20	cm
Área neta	400	cm ²

3. RESULTADOS DEL ENSAYO

Parámetro	Valor	Unidad
Carga máxima	134.800	kg
Resistencia a compresión	3.37	kg/cm ²

Tipo de falla:

☐ Columnar
☐ Cono
☒ Diagonal
☐ Explosiva

5. OBSERVACIONES

Valores superiores a lo mínimo establecido por la norma ASTM C90

Anexos 3.

CONTROL DE FABRICACIÓN DE BLOQUES

Lote N°: 1 **Fecha:** 27 / 04 / 2026

Formulación: F-50: sustitución del 50 % del peso del cemento por RCD triturado.

1. DOSIFICACIÓN (kg)

Material	Cantidad (kg)
RCD tipo bloque	2 kg

RCD tipo cerámica	2 kg
Cemento	4 kg
Agua	1,2 lt
Arena	6 kg
Piedra Chispa	6 kg
Relación a/c	0,5-0,6

2. PROCESO

Etapas	Dato / Tiempo
Hora de inicio de mezclado	9:32
Tiempo de mezclado	10_ min
Hora de inicio de moldeado	9:42
Número de bloques fabricados	6
Hora de desmoldado	30 min
Inicio de curado	24 horas/Desmoldado

3. OBSERVACIONES

Consistencia de mezcla: ☐ Seca ☒ Plástica ☐ Fluida

Facilidad de desmoldado: ☐ Fácil ☒ Normal ☐ Difícil

Defectos visibles: ☒ No ☐ Sí → Describir: _____

Anexo 4.

Entrevista a bloquera artesanal

• Pregunta 1

¿Qué materiales utiliza para fabricar bloques?

Respuesta:

Arena, chasqui, cemento y agua.

• Pregunta 2

¿Cómo mide las cantidades?

Respuesta:

La mezcla se realiza de forma empírica utilizando carretillas y tachos.

- **Pregunta 3**

¿Controla la cantidad de agua?

Respuesta:

No existe una medición exacta; generalmente se agrega según la experiencia del operario.

- **Pregunta 4**

¿Cuánto tiempo cura los bloques?

Respuesta:

Entre tres y cuatro días.

- **Pregunta 5**

¿Conoce el uso de materiales reciclados?

Respuesta:

Sí, aunque actualmente no se utilizan por falta de equipos para procesarlos.

- **Pregunta 6**

¿Estaría dispuesto a utilizarlos?

Respuesta:

Sí, siempre que no disminuyan la calidad del bloque.

- **Pregunta 7**

¿Qué beneficio considera que tendría?

Respuesta:

Reducir costos de producción y aprovechar materiales que normalmente se desperdician.

Anexo 5.

Figura 19

Visita a la empresa de construcción HICON en Portoviejo



Nota. Elaboración Propia

Figura 20

Visitas a las bloqueras artesanales en Portoviejo



Nota. Elaboración Propia

Figura 21

Elaboración, preparación y secado de bloques artesanalmente en bloqueras



Nota. Elaboración Propia

Figura 22

Recogida de escombros y separación para la tritución



Nota. Elaboración Propia

Figura 23

Trituración de los escombros en máquina de los ángeles y tamizado



Nota. Elaboración Propia

Figura 24

Elaboración de los moldes para los bloques de RCD



Nota. Elaboración Propia

Figura 25

Proceso de pintado con aceite quemado para facilitar el desencofrado del bloque



Nota. Elaboración Propia

Figura 26

Preparación de materiales y llenado de mezcla en el molde



Nota. Elaboración Propia

Figura 27

Proceso de desencofrado de bloque



Nota. Elaboración Propia

Figura 28

Proceso de secado y primero bloques de RCD



Nota. Elaboración Propia

Figura 29

Preparación para el ensayo de compresión en laboratorio de ingeniería civil



Nota. Elaboración Propia

Figura 30

Proceso de ensayo de compresión



Nota. Elaboración Propia

Figura 31

Resultados del ensayo de compresión de los bloques de RCD



Nota. Elaboración Propia