

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES
DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE ARQUITECTO**

AUTOR: LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ

DIRECTOR: ARQ. ANDRÉS OSWALDO VENEGAS TOMALÁ, MSC.

AZOGUES - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

**FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES
DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE ARQUITECTO**

AUTOR: LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ

DIRECTOR: ARQ. ANDRÉS OSWALDO VENEGAS TOMALÁ, MSC.

AZOGUES - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Luis Alberto Mendoza López portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 1400759419. Declaro ser el autor de la obra: “**Fabricación de bloques de cemento con agregados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de mamposterías de ladrillos**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, 16 de septiembre de 2022

F:


Luis Alberto Mendoza López

C.I. 1400759419



Universidad
Católica
de Cuenca

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

Azogues, 16 de septiembre de 2022.

ASUNTO: Certificado trabajo de titulación concluido

Arquitecto.

Jacinto Cantos Ormaza Mgs.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA SEDE AZOGUES.

De mi consideración,

Luego de un cordial y atento saludo, la presente tiene por objetivo informar que el trabajo de titulación **"FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO"** realizado por el estudiante **LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ**, se considera concluido, en mi calidad de tutor; obteniendo una calificación de **47/50** (cuarenta y siete / cincuenta).

Atentamente,

Arq. Andrés Venegas T. Mgs.
TUTOR

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación está dedicado a mi madre María Hermelinda López, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ella he logrado cumplir con esta anhelada meta. A mis familiares y amigos por estar siempre presente, acompañándome y apoyándome de diferentes maneras para alcanzar mis metas planteadas.

Alberto Mendoza

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud al Arq. Andrés Venegas Tomalá, MSc., principal colaborador durante todo este proceso, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y su apoyo incondicional permitió el desarrollo del presente trabajo de titulación.

De igual manera, mis agradecimientos a la Universidad Católica de Cuenca Sede Azogues, a la facultad de arquitectura y a todos mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a su paciencia, dedicación y apoyo incondicional.

Agradezco al Ing. Marcos González y a todo el personal del Laboratorio de Suelos por toda la ayuda brindada y conocimientos compartidos.

Alberto Mendoza

Resumen

El presente trabajo de titulación determina los parámetros técnicos para la fabricación de un bloque de hormigón, con agregados de RCD de mampostería de ladrillo, que cumpla los requerimientos y estándares mecánicos para su utilización como mampuestos.

Inicialmente se valoró y analizó la bibliografía acerca del proceso de producción, dosificación, componentes y normativas mecánicas de los bloques de hormigón y el uso de áridos reciclados de los residuos de construcción, tras lo cual se determinó los porcentajes de dosificación del árido grueso reciclado a ser ensayado.

A continuación, se evaluaron las propiedades de los RCD recolectados en la zona de estudio y se determinó sus características físicas y mecánicas para su posterior aplicación en los prototipos de bloques de cemento.

Finalmente, se fabricaron prototipos de bloques de hormigón en función de los porcentajes de áridos de RCD utilizados en relación a la resistencia óptima según la norma NTE INEN 3066.

El resultado de la investigación generó un análisis comparativo de costo entre el nuevo bloque de hormigón sustentable con RCD y el bloque convencional de hormigón, en donde se afirma que el bloque con reemplazo del 100% de árido grueso de RCD, supera notablemente al bloque tradicional en cuanto a economía, densidad, absorción de agua y la resistencia a la compresión establecidos en la norma ecuatoriana, demostrando que el prototipo contribuye en la reducción del gasto de energía y materias primas.

Palabras clave: Bloques de cemento, ladrillo, mampostería reciclada, RCD, sostenibilidad

Abstract

This degree work determines the technical parameters for manufacturing a concrete block with aggregates from brick masonry CDW that meets the requirements and mechanical standards for its use as masonry.

Initially, the bibliography about the production process, dosage, components, and mechanical standards of concrete blocks and the use of recycled aggregates from construction waste were evaluated and analyzed, after which the dosage percentages of the recycled coarse aggregate to be tested were determined.

Next, the properties of the CDW collected in the study area were evaluated, and their physical and mechanical characteristics were determined for their subsequent application in the concrete block prototypes.

Finally, concrete block prototypes were manufactured according to the percentages of CDW aggregates used for optimum strength according to NTE INEN 3066.

The result of the research generated a comparative cost analysis between the new sustainable concrete block with CDW and the conventional concrete block. It is demonstrated that the block with 100% replacement of coarse aggregate of CDW notably surpasses the traditional block in terms of economy, density, water absorption, and compressive strength established in the Ecuadorian standard, revealing that the prototype contributes to the reduction of energy and raw material expenditure.

Keywords: Concrete blocks, brick, recycled masonry, CDW, sustainability

Índice de contenido

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad	ii
Certificación	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Índice de contenido.....	viii
Índice de tablas	xii
Índice de figuras.....	xv
Índice de anexos	xvi
Lineamientos	xviii
<i>Introducción.....</i>	<i>xviii</i>
<i>Formulación del problema.....</i>	<i>xix</i>
<i>Definición de la zona de estudio</i>	<i>xx</i>
<i>Justificación</i>	<i>xxii</i>
<i>Objetivos.....</i>	<i>xxiv</i>
General.....	xxiv
Específicos.....	xxiv
1 CAPÍTULO I Marco Teórico	1
1.1 <i>Antecedentes de Investigación.....</i>	<i>1</i>
1.1.1 Propiedades mecánicas del hormigón reciclado con árido de demolición de hormigón y árido de ladrillos de arcilla	1
1.1.2 Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental	3
1.1.3 Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente.	4
1.1.4 Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra.	6

1.1.5	Elaboración de un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD).....	7
1.2	<i>Base Teórica</i>	11
1.2.1	Hormigón	11
1.2.1.1	Composición del Hormigón.	11
1.2.1.1.1	Cemento.	11
1.2.1.1.2	Agua.....	12
1.2.1.1.3	Agregados.....	13
1.2.1.2	Características generales del hormigón	14
1.2.1.3	Propiedades del hormigón	14
1.2.1.4	Clasificación del hormigón	15
1.2.2	Método ACI 211 para dosificación del hormigón.....	15
1.2.2.1	Procedimiento de diseño de mezcla de hormigón ACI 211.1.....	16
1.2.3	ACI 211.2 - Norma estándar que define la dosificación para hormigón ligero estructural.....	18
1.2.2.2	Método de peso	18
1.2.3	Residuos	20
1.2.3.1	Residuos de construcción y demolición	20
1.2.3.2	Clasificación de los RCD.....	24
1.2.3.2.1	Clasificación de los RCD según el tipo de actividad.	24
1.2.3.2.2	Clasificación de los RCD según el tipo de aprovechamiento	25
1.2.3.3	Composición de los RCD.....	27
1.2.4	Bloques de hormigón.....	29
1.2.4.1	Clasificación de bloques de hormigón.....	31
1.2.4.1.1	Según su uso.	31
1.2.4.1.2	Según su densidad.	32
1.2.4.2	Composición de bloques de hormigón.....	32
1.2.5	Bloque en la ciudad de Azogues.....	33
1.2.5.1	Preparación de materia prima	34
1.2.5.1.1	Cemento.	34
1.2.5.1.2	Agregados.....	35
1.2.5.1.3	El agua	35
1.2.5.2	Dosificación	35
1.2.5.3	Mezcla	36
1.2.5.4	Moldeado	37
1.2.5.5	Curado	38

1.2.5.6	Costo	39
1.2.6	Normativa para bloques de hormigón.....	40
1.2.6.1	Dimensiones.....	40
1.2.6.2	Dimensiones modulares y nominales.....	41
1.2.7	Normas establecidas para RCD de mampostería de ladrillo.....	41
1.2.7.1	España	42
1.2.7.2	Alemania	44
1.2.7.3	Bélgica	45
1.2.7.4	Colombia	46
1.2.7.5	Perú	47
1.2.7.6	Brasil.....	48
2	CAPÍTULO II Materiales y métodos de ensayos.....	51
2.1	<i>Investigación experimental de los agregados finos y gruesos.....</i>	<i>51</i>
2.1.1	Obtención de muestras de áridos finos y gruesos	51
2.1.2	Ensayo granulométrico en los áridos finos y gruesos.	53
2.1.3	Ensayo de contenido de humedad de áridos finos y gruesos.	56
2.1.4	Ensayo de masa unitaria (Peso Volumétrico) y porcentaje de vacíos de los áridos fino y grueso.....	59
2.1.5	Ensayo de densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.	62
2.2	<i>Investigación experimental de los agregados RCD de mamposterías de ladrillos.....</i>	<i>64</i>
2.2.1	Obtención de muestras de áridos gruesos de los RCD de mampostería de ladrillos.....	65
2.2.2	Ensayo granulométrico en los áridos gruesos de RCD de mampostería de ladrillo.....	66
2.2.3	Ensayo de contenido de humedad de áridos gruesos de RCD de mampostería de ladrillo.....	68
2.2.4	Ensayo de masa unitaria (Peso Volumétrico) y porcentaje de vacíos de los áridos gruesos de RCD de mampostería de ladrillo.	70
2.2.5	Ensayo de densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso de residuos de mampostería de ladrillo (ARM).	71
3	CAPÍTULO III Fabricación de bloques, aplicación de ensayos, determinación de costos e interpretación de resultados	73
3.1	<i>Fabricación bloques de hormigón con agregados de RCD de mampostería de ladrillo.....</i>	<i>74</i>
3.1.1	Elaboración de la mezcla de hormigón	75
3.1.2	Moldeado de bloques de cemento con RCD de mampostería de ladrillo.....	77
3.1.3	Curado de bloques	78

3.2	<i>Características físicas de los bloques de hormigón con agregados residuos de mampostería de ladrillo (ARM).</i>	79
3.2.1	Porcentaje de absorción INEN 3066: 2016	80
3.2.2	Contenido de humedad de bloques – INEN 3066: 2016	81
3.2.3	Densidad de bloques – INEN 3066: 2016	82
3.2.4	Resistencia a la compresión - INEN 3066: 2016	83
3.3	<i>Interpretación de resultados</i>	85
3.3.1	Características físicas de los bloques de cemento con RCD de mampostería de ladrillo.....	85
3.3.2	Resistencia a la compresión del bloque de hormigón con RCD.	86
3.3.3	Absorción del bloque de hormigón con RCD.	87
3.3.4	Contenido de humedad del bloque de hormigón con RCD.....	88
3.3.5	Densidad del bloque de hormigón con RCD.....	89
3.4	<i>Obtención de costos</i>	90
4	CAPÍTULO IV Conclusiones y Recomendaciones	91
4.1	<i>Conclusiones</i>	91
4.2	<i>Recomendaciones</i>	92
	Bibliografía	93
	Anexos	98
	Autorización de publicación en el repositorio institucional	133

Índice de tablas

Tabla 1 Resumen del artículo: <i>Propiedades mecánicas del hormigón reciclado con árido de demolición y árido de ladrillos de arcilla.</i>	2
Tabla 2 Resumen del artículo: <i>Aplicación el uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental.</i>	3
Tabla 3 Resumen del artículo: <i>Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinizante.</i>	5
Tabla 4 Resumen del artículo: <i>Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra.</i>	6
Tabla 5 Resumen del artículo: <i>Elaboración de un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD)</i>	8
Tabla 6 Resultados del análisis a los casos de estudio.....	10
Tabla 7 Tipos de cemento portland (ASTM C-150).....	12
Tabla 8 Tipos de Áridos Según ASTM C330.....	13
Tabla 9 Propiedades del hormigón.....	14
Tabla 10 Clasificación del hormigón.....	15
Tabla 11 Procedimiento de Diseño de Mezcla de Hormigón Según ACI 211.1.....	17
Tabla 12 Proceso para Determinación de Dosificación del Hormigón Según ACI 211.2.....	19
Tabla 13 Clasificación de los residuos de construcción y demolición de acuerdo al tipo de actividad.....	25
Tabla 14 Clasificación de los residuos de construcción y demolición de acuerdo al tipo de aprovechamiento.....	26
Tabla 15 Clasificación de bloques de hormigón de acuerdo a su uso.....	31
Tabla 16 Clasificación bloques de hormigón, de acuerdo a su densidad.....	32
Tabla 17 Características de Materiales para la Fabricación del Bloque, Norma NTE INEN 1806 (NTE INEN 1806, 2015).....	32
Tabla 18 Dosificación de materiales para la fabricación de bloques artesanales.....	36
Tabla 19 Proceso de mezclado de los materiales para la fabricación de bloques artesanales.....	36
Tabla 20 Proceso de formación del bloque artesanal.....	37
Tabla 21 Proceso de curado del bloque artesanal.....	38
Tabla 22 Dimensiones y costos de bloques fabricados.....	39
Tabla 23 Dimensiones mínimas de paredes y tabiques, Bloques clase A.....	40

Tabla 24 Dimensiones modulares y nominales de bloques de hormigón.....	41
Tabla 25 Normas técnicas de diferentes países	42
Tabla 26 Clasificación de los agregados que provienen de (RCD) según la guía GEAR, España.....	43
Tabla 27 Clasificación de los agregados que provienen de RCD, según la norma DIN 4226-102, Alemania.....	44
Tabla 28 Clasificación de los agregados que provienen de RCD, según la norma NBN EN 206, Bélgica.	45
Tabla 29 Clasificación de los residuos de construcción y demolición (RCD) según IDU ET- publicada en el año 2018.....	46
Tabla 30 Clasificación de los agregados gruesos que provienen del concreto triturado según NTP400.053 y norma E.060, Perú.....	47
Tabla 31 Clasificación de los agregados que provienen de RCD, según la norma ABNT NBR 15116, Brasil.	48
Tabla 32 Obtención de muestras de los áridos fino y grueso.....	52
Tabla 33 Proceso y resultado de ensayos granulométricos del árido fino natural.....	53
Tabla 34 Proceso y resultado de ensayos granulométricos del árido grueso natural.....	55
Tabla 35 Proceso y resultado de ensayos de contenido de humedad del árido fino natural.....	57
Tabla 36 Proceso y resultado de ensayos de contenido de humedad del árido grueso natural.....	58
Tabla 37 Proceso y resultado de ensayos del peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido fino natural.....	59
Tabla 38 Proceso y resultado de ensayos del peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso natural. ...	60
Tabla 39 Proceso y resultado de ensayos de densidad, densidad relativa y absorción del árido fino natural.....	62
Tabla 40 Proceso y resultado de ensayos de densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso natural.....	63
Tabla 41 Obtención de muestras del árido grueso de RCD de mampostería de ladrillo.....	65
Tabla 42 Proceso y resultado de ensayos granulométricos del árido grueso RCD.....	67
Tabla 43 Proceso y resultado de ensayos de contenido de humedad del árido grueso de RCD de mampostería de ladrillo.....	69
Tabla 44 Proceso y resultado de ensayos del peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso RCD de mampostería de ladrillo.....	70
Tabla 45 Proceso y resultado de ensayos de densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso RCD.....	72
Tabla 46 Volumen del bloque y dosificación de la mezcla, según el porcentaje de agregados de RCD de mampostería de ladrillo.....	75
Tabla 47 Proceso de elaboración de la mezcla de hormigón con RCD de mampostería de ladrillo.....	76
Tabla 48 Proceso de prensado de bloques de hormigón con RCD de mampostería de ladrillo.....	77

Tabla 49 <i>Proceso de curado de bloques con RCD de mampostería de ladrillo.....</i>	79
Tabla 50 <i>Ensayo de Porcentaje de Absorción de Bloques - INEN 3066: 2016.....</i>	80
Tabla 51 <i>Ensayo del Contenido de Humedad de Bloques - INEN 3066: 2016</i>	81
Tabla 52 <i>Ensayo de Densidad de Bloques - INEN 3066: 2016.....</i>	82
Tabla 53 <i>Ensayo de Resistencia a la Compresión del Bloque.....</i>	83
Tabla 54 <i>Valores de ensayos de los agregados para la dosificación de la mezcla del bloque de hormigón.....</i>	85
Tabla 55 <i>Costo de bloque por unidad.....</i>	90

Índice de figuras

<i>Figura 1</i> Zona de planificación Z1, Bayas.	xxi
<i>Figura 2</i> Generación de Residuos por regiones.	21
<i>Figura 3</i> Generación de residuos por actividades económicas y hogares, 2018, UE, (% de los residuos totales)...	22
<i>Figura 4</i> Composición de los residuos de construcción y demolición.	28
<i>Figura 5</i> Proceso de gestión de los RCD de mampostería de ladrillo.	29
<i>Figura 6</i> Material utilizado en paredes.	30
<i>Figura 7</i> Proceso de fabricación de bloques artesanales.	34
<i>Figura 8</i> Proceso sustentable de elaboración de bloques de cemento con RCD de mampostería de ladrillo.....	73
<i>Figura 9</i> Valores promedio de resistencia a la compresión de los bloques.	86
<i>Figura 10</i> Valores promedios de absorción de los bloques.	87
<i>Figura 11</i> Valores promedios de contenido de humedad de los bloques.	88
<i>Figura 12</i> Valores promedios de densidad de los bloques.	89

Índice de anexos

<i>Anexo 1</i> Ubicación de recolección de RCD de mampostería de ladrillo.....	98
<i>Anexo 2</i> Ficha de recolección CO1.....	99
<i>Anexo 3</i> Ficha de recolección CO2.....	100
<i>Anexo 4</i> Ficha de recolección CO3.....	101
<i>Anexo 5</i> Ficha de recolección CO4.....	102
<i>Anexo 6</i> Ficha de recolección CO5.....	103
<i>Anexo 7</i> Ficha de recolección CO6.....	104
<i>Anexo 8</i> Ficha de recolección CO7.....	105
<i>Anexo 9</i> Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción (Tabla 6.3.1 ACI 211.1-91)...	106
<i>Anexo 10</i> Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción y sistemas de colocación y compactación.....	106
<i>Anexo 11</i> Requerimiento aproximado de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado.....	107
<i>Anexo 12</i> Correspondencia entre la resistencia a la compresión a los 28 días de edad y la relación agua-cemento para los cementos colombianos, portland tipo I, en concretos sin aire incluido.....	107
<i>Anexo 13</i> Resistencia requerida de diseño cuando no hay datos que permitan determinar la desviación estándar.....	108
<i>Anexo 14</i> Cantidad aproximada de aire esperado en concreto sin aire incluido y niveles de aire incluido para diferentes tamaños máximos de agregado (ACI 211 y del ACI 318).....	108
<i>Anexo 15</i> Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto (ASTM C29).....	109
<i>Anexo 16</i> Selección de cantidad de muestra para ensayo de árido fino y grueso.....	109
<i>Anexo 17</i> Límite de gradación del árido fino para hormigón.....	110
<i>Anexo 18</i> Límite de gradación del árido fino para hormigón.....	110
<i>Anexo 19</i> Ecuaciones para la dosificación de hormigón según ACI 211.2.....	111
<i>Anexo 20</i> Ecuaciones para la dosificación de hormigón según ACI 211.2.....	112
<i>Anexo 21</i> Proceso de dosificación.....	113
<i>Anexo 22</i> Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino.....	116
<i>Anexo 23</i> Ensayo de análisis granulométrico del árido grueso natural.....	117
<i>Anexo 24</i> Ensayo granulométrico del agregado grueso de RCD de mampostería de ladrillo.....	118

<i>Anexo 25</i> Ensayo determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos	119
<i>Anexo 26</i> Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.....	120
<i>Anexo 27</i> Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) del árido grueso de residuo de mampostería....	121
<i>Anexo 28</i> Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del árido fino.....	122
<i>Anexo 29</i> Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso.....	123
<i>Anexo 30</i> Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso de residuo de mampostería	124
<i>Anexo 31</i> Determinación del contenido total de humedad del árido fino natural	125
<i>Anexo 32</i> Determinación de la resistencia de compresión de cilindros de hormigón de cemento hidráulico	126
<i>Anexo 33</i> Determinación de la resistencia a la compresión de bloques de hormigón de cemento hidráulico	127
<i>Anexo 34</i> Determinación del contenido de absorción, humedad y densidad; Bloque de hormigón con RCD 0%..	128
<i>Anexo 35</i> Determinación del contenido de absorción, humedad y densidad; Bloque de hormigón con RCD 25%	129
<i>Anexo 36</i> Determinación del contenido de humedad, humedad y densidad; bloque de hormigón con RCD 50%..	130
<i>Anexo 37</i> Determinación del contenido de humedad, humedad y densidad; bloque de hormigón con RCD 75%..	131
<i>Anexo 38</i> Determinación del porcentaje de absorción, humedad y densidad; bloque de hormigón con RCD 100%	132

Lineamientos

Introducción

Debido a la problemática ambiental existente, al ritmo acelerado de extracción de materia prima, al consumo de recursos pétreos, a la cantidad de escombros generados que son destinados a los botaderos, así como al predominio en la región de construcciones en concreto y materiales cerámicos, que producen residuos de construcción en gran volumen, se considera oportuno proponer la reutilización de los residuos de construcción y demolición (RCD) de las mamposterías de ladrillos, para la elaboración de bloques de hormigón como agregado fino y grueso para la elaboración de bloques de hormigón. Esta investigación es importante por la necesidad de disponer de forma correcta los residuos de construcción que actualmente están destinados a botaderos o lugares poco adecuados; esto representa un problema social, ambiental y económico. Por ello, uno de los objetivos principales es identificar la potencialidad de los RCD como alternativa a las materias primas naturales; y con ello, fabricar un prototipo de bloque de hormigón con agregados de RCD de ladrillo para ser utilizados como mampostería no estructural. Por consiguiente, se elaboran ensayos de laboratorio que permiten evaluar e identificar las propiedades mecánicas y físicas de las diferentes mezclas propuestas; con lo que, se puede obtener una dosificación para elementos prefabricados.

Mediante los análisis y resultados finales de resistencia a compresión, contenido de humedad y absorción, se busca obtener un nuevo elemento prefabricado que cumpla con los estándares de calidad INEN 3066. De esta manera, este estudio promueve a los RCD de mampostería de ladrillo como materia prima sustentable, que no solo mitiga el impacto ambiental, ya que este también, busca captar la atención del sector público y privado para la inversión en

materiales reciclados y ecológicos que aporten beneficio: social, medio ambiental y económico en la ciudad de Azogues.

Formulación del problema

Uno de los procesos que más consume recursos y genera residuos, es la construcción, pues, esta ... “es la responsable del consumo del 40% de las materias primas en el mundo; equivalente a 3.000 millones de toneladas por año; el 17% del agua potable” [W. G. B. C. WorldGBC (como se citó en Vásquez et al., 2015, p. 201)]; el 70% del total de los recursos madereros (Edwards, 2001); “el 10% de la tierra cultivable” [U. N. E. P. U. I. (como se citó en Vásquez et al., 2015, p. 201)]. En el proceso de fabricación de materiales y demolición de obras civiles, se consume el 20 % de la energía mundial, este proceso utiliza en su gran mayoría recursos pétreos, los que son no renovables, asimismo, la construcción genera el 30% de los residuos sólidos mundiales [U. N. E. P. (como se citó en Vásquez et al., 2015)]

Este proceso es el principal generador de los gases de efecto invernadero; con emisiones que para el 2004 alcanzaban 1,8 billones de toneladas métricas según el Panel Intergubernamental sobre el cambio climático y que podría alcanzar los 15,6 billones de toneladas métricas para el 2030, si se siguen los modelos actuales (Vásquez Hernandez et al., 2015).” [U. N. E. P. U. I. (como se citó en Vásquez et al., 2015, p. 201)]

Ecuador produce semanalmente 58.829 toneladas de residuos sólidos, de los cuales, el 20% se ubican en sitios adecuados; el resto, se distribuye entre vertederos a cielo abierto, botaderos, ríos e incineradores; los municipios informan que los recicladores informales refieren el 45,5% (Solíz, 2015). Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), uno de los primeros materiales predominantes para la fabricación de mamposterías en el Ecuador es el bloque

de cemento, en un porcentaje del 61.6%, (INEC, 2016). En consecuencia, el bloque es el material con mayor incidencia en el impacto medio ambiental, por la fuerte demanda que presenta entre todos los materiales requeridos para la construcción. Debido a la problemática ambiental, por causa del ritmo de extracción y de consumo de recursos pétreos en la ciudad de Azogues, asociado con la industria de la construcción, a la cantidad de residuos destinado a los botaderos, así como a la prevalencia en la región de la construcción en concreto y materiales cerámicos, siendo estos los materiales que más residuos de construcción generan, se considera oportuno proponer la fabricación de bloques de hormigón, utilizando los escombros de mamposterías provenientes de los RCD de ladrillo, como un sustituto parcial del agregado pétreo convencional. Estudios realizados por José Veliz (2013) en su artículo científico “Reciclaje de residuos de construcción en la producción de bloques en la ciudad de Portoviejo”, viabilizan el uso de residuos de ladrillo en porcentajes de 10%, 20%, 40%. Los resultados muestran que estos alcanzan resistencias de 2.76 y 3,14 Mpa; valores que están dentro del rango exigido en la norma ecuatoriana INEN 643 (Bloques huecos de hormigón. Requisitos). Veliz, concluye que el material más influyente es el ladrillo, pues mientras se reduce su cantidad aumenta la resistencia del bloque.

Definición de la zona de estudio

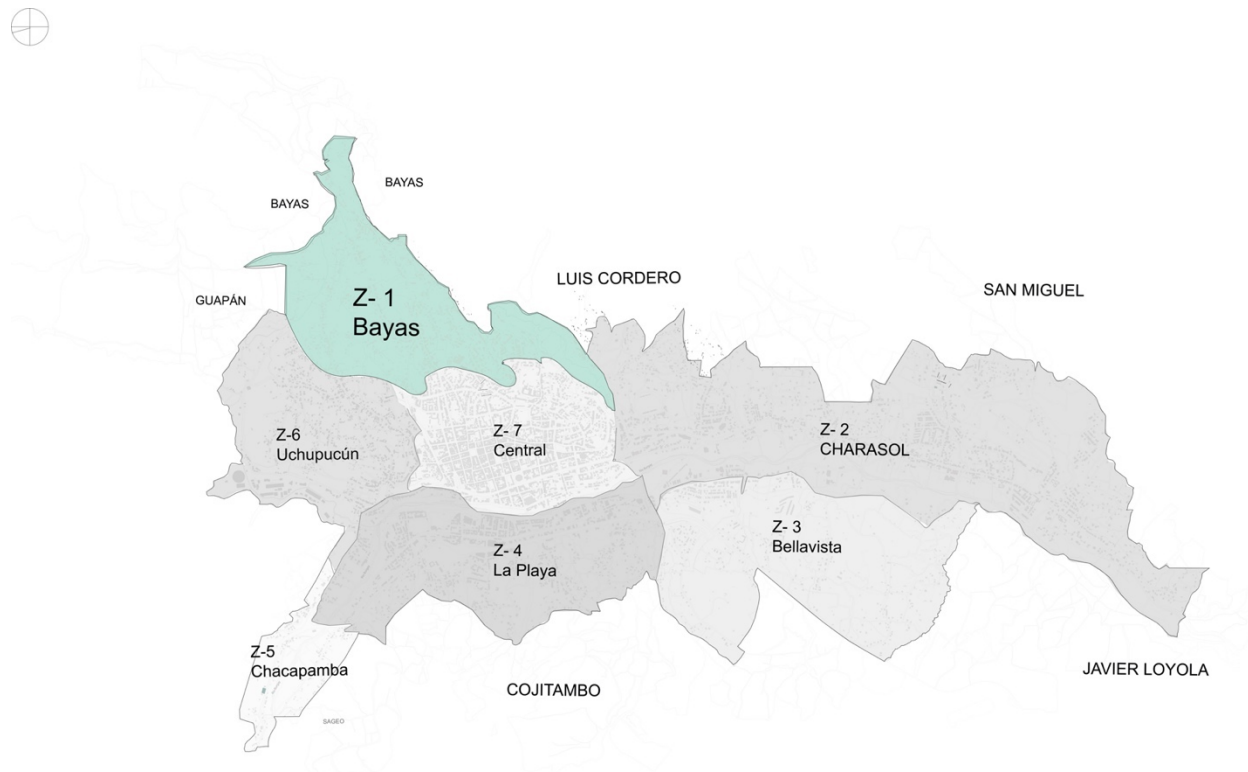
En el área urbana del cantón Azogues existe zonas de planificación: Zona 1: Bayas, Zona 2: Charasol, Zona 3: Bellavista, Zona 4: La Playa, Zona 5: Chacapamba, Zona 6: Uchupucún y Zona 7: Central (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Azogues, 2015). La ciudad presenta tres principales sectores donde se implantan grupos de fábricas de bloques livianos o bloques de pómez, estas trabajan con maquinaria semiautomática. El primer grupo se encuentra en la parroquia Chacapamba, que produce bloques de hasta 7 cm de espesor. El segundo grupo se encuentra en la parroquia Bayas, en donde se encuentran siete fábricas de bloques, entre artesanales

e industriales que producen diariamente cientos de bloques de 10,12 y 15cm de espesor. En el tercer grupo se encuentra en la zona 7 central que posee dos fábricas pequeñas productoras de bloque de 12 y 15cm de espesor (Crespo Muñoz, 2015).

Por consiguiente, se realizará la fabricación de bloques sustentables en la Zona 1-Bayas, como se muestra en la Figura 1, pues esta es la zona que suministra mayor cantidad de bloques de cemento para la ciudad y sus alrededores. La materia prima para la fabricación se obtendrá de las cercanías de la ciudad como es el caso del cemento, que es obtenido de la fábrica Guapán. También, se recolectarán los residuos de mampostería de ladrillo en las obras que se ejecuten en la ciudad de Azogues como se indica en el Anexo 11.

Figura 1

Zona de planificación Z1, Bayas.



Elaboración propia. 2022.

Justificación

La presencia de la industria de cementos Guapán, ha provocado grandes cambios en el paisaje de la ciudad y en su entorno. Esto dio como consecuencia, que fábricas de bloques se establezcan, ocasionando que la construcción aumente ostensiblemente, lo que llevo a la sustitución de las tipologías tradicionales de vivienda, para dar paso a las tipologías de hormigón y bloque. Respecto a los materiales utilizados en las paredes de las viviendas, en el área urbana de la ciudad se observa que el 90% de viviendas son de ladrillo, bloque y hormigón (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Azogues, 2015).

La construcción de edificaciones juega un rol fundamental en la contaminación medioambiente, pues este proceso consume una gran cantidad de recursos naturales y genera una enorme cantidad de desechos (Cárdenas et al. 2015). Además, el árido es la principal materia prima en la construcción y supone el segundo recurso más consumido por la humanidad después del agua, se estima que en 2015 la demanda de áridos en construcción alcanzó los 48 mil millones de toneladas (Freedonia, 2015), lo que supone una demanda por habitante de más de 6,5 toneladas por año. La construcción también, es uno de los sectores que más energía demanda, esto se apoya en los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) que determina que el porcentaje de bloques utilizados en la construcción para mamposterías es del 61,6% y el 35,1% es de ladrillo. En cuanto a la generación de residuos se conoce que, en 2016 se generaron 1.672.781,82 toneladas de residuos no peligrosos en el país (INEC, 2016).

Los RCD se generan fundamentalmente en obras de edificación y demolición, cuyas actividades consisten en: la construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de bienes inmuebles, tal como: un edificios, obras civiles y espacios público. Estos residuos se consideran inertes, es decir, no peligrosos, que no experimentan transformaciones físicas, químicas

o biológicas significativas y poseen alta susceptibilidad de ser como materia prima para la fabricación de nuevos productos (Del Río et al., 2010).

El Ecuador adoptó la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) como política pública, para la gestión de residuos de construcción en cuanto a su reutilización, reciclado y eliminación, con esto se espera que se abandone de la clásica economía lineal, fortaleciendo la economía circular (SENPLADES, 2018).

Por las razones expresadas, es primordial para el mundo la gestión y el manejo de residuos producidos por la industria de la construcción, es así que muchos países han optado por políticas gubernamentales para la adecuada utilización del RCD. Adicionalmente, se han creado medidas que contribuyan a la protección del ecosistema, pues cuidar el medio ambiente debe convertirse en eje de la construcción; por lo que es necesario impulsar una concientización de protección del planeta, que debe ser impulsado por gestores políticos para llegar a los ciudadanos (Carrasco, 2018).

La disposición de los RCD que ya han cumplido su vida útil, se convierten en un tema sujeto a un análisis intenso, ya que no es solamente una actividad de carácter residual de la construcción, también, es un tema de importancia ambiental, por lo que la importancia de la correcta gestión de los residuos va en aumento, pues es un hecho innegable que la contaminación ambiental aumenta día tras día; A pesar de esto los lugares para la disposición de los RCD cada vez son más escasos y lejanos que, sumado a la falta de control, son vertidos en áreas que no son aptas para tal fin.

La fabricación de bloques de cemento a base de RCD de mampostería de ladrillo, es una alternativa viable, para dar solución a un problema de la sociedad actual, estos mampuestos cumplirían con los requerimientos actuales del mercado; por lo que es necesario, la constante

búsqueda y desarrollo de tecnologías para obtener materiales a base del reciclaje, los que con menor consumo energético generen mampuestos que puedan ser utilizados de manera óptima en los proyectos constructivos. Con lo que el reciclaje se vuelve en una herramienta clave para la disminución del impacto ambiental ya que reduciría el volumen de residuos que se depositan en el vertederos que son espacios naturales, se prolonga de esta manera la vida útil de los materiales; colaborando en la reducción y eliminación de descargas ilegales de estos residuos, mejorando la imagen urbana, el paisaje urbano y la conservación de espacios urbanos y naturales; se disminuye la extracción de áridos naturales, ya que se sustituiría parcialmente estos agregados tradicionales con los que se obtendrían mediante el reciclaje con lo que se lograría dar aporte positivo al medio ambiente, a la sociedad y economía con la creación de nuevas plazas de trabajo, en un campo de estudio que es relativamente nuevo en la sociedad (Véliz Párraga et al., 2013).

Objetivos

General

Fabricar un prototipo de bloque de hormigón con agregados de los RCD de mampostería de ladrillo, que cumplan los requerimientos y estándares mecánicos para su utilización como mampuesto, contribuyendo en la reducción del gasto de energía y materias primas.

Específicos

Valorar y analizar la bibliografía y literatura acerca del proceso de producción, dosificación, componentes y normativas de los bloques de hormigón, incluyendo la aplicación del uso de los residuos de construcción en la fabricación de bloques de hormigón, con el fin de evaluar diferentes variables de producción e identificar la mejor alternativa.

Estimar las propiedades de los residuos de ladrillos reciclados en la ciudad de Azogues para determinar sus características de granulometría, masa unitaria suelta, masa unitaria compactada, contenido de humedad, densidad y absorción.

Fabricar los bloques de hormigón de acuerdo con su porcentaje de contenido de áridos reciclados en relación a la densidad óptima y evaluar las propiedades físicas y mecánicas, para determinar las características de densidad, absorción de agua y la resistencia a la compresión, en función de los porcentajes de RCD utilizados, según la norma INEN 3066. Además, generar un análisis comparativo de costo entre el nuevo bloque de hormigón sustentable y el bloque de cemento convencional.

CAPÍTULO I

Marco Teórico

1.1 Antecedentes de Investigación

La elaboración de mampuestos a base de materiales reciclados es un tema que se ha realizado en varias ocasiones, esto debido a que la ejecución de bloques de cemento da la posibilidad de utilizar nuevos agregados, con lo que se puede obtener la mejora de las características técnicas del material.

Por las razones antes expuestas, se han realizado múltiples investigaciones en contextos diferentes, sobre la utilización de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), que pueden brindar diferentes pautas para la elaboración del presente trabajo de titulación.

A continuación, en las Tablas 1,2,3,4,5, se muestran un análisis resumido de las diferentes investigaciones realizadas sobre los casos de estudios que implementan a los RCD de ladrillos como agregado para la elaboración de mampuestos.

1.1.1 Propiedades mecánicas del hormigón reciclado con árido de demolición de hormigón y árido de ladrillos de arcilla

Este estudio analiza la resistencia a la compresión del concreto endurecido, reemplazando el árido natural grueso (NCA) con agregado de concreto reciclado (RCA) o agregado de ladrillo de arcilla reciclado (RBA). Dos calidades de concreto (C50 y C25) fueron investigadas, la cual se logró utilizando diferentes proporciones de agua y cemento. En cada uno de los casos se consideran cinco tasas diferentes de sustitución de, 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Como resultado, se alcanzó mejorar el desempeño de los agregados reciclados en las mezclas de concreto; el RCA y el RBA se tamizaron cuidadosamente utilizando la degradación óptima. En general, el hormigón con RCA

tiene mejor desempeño que el concreto con RBA. La comparación de los resultados experimentales actuales con los reportados en la literatura para concreto curado con RCA o RBA demuestra la efectividad en el mejoramiento de la resistencia a la compresión a través del uso de la gradación óptima de los agregados reciclados (Zheng, y otros, 2018).

Tabla 1

Resumen del artículo: Propiedades mecánicas del hormigón reciclado con árido de demolición y árido de ladrillos de arcilla.

Título del artículo	Propiedades mecánicas del hormigón reciclado con árido de demolición de hormigón y árido de ladrillos de arcilla.
Fuente	Chaocan Zheng, Cong Lou, Geng Du, Xiaozhen Li, Zhiwu Liu, Liqin Li, 2018.
Material	Ladrillo.
Metodología	Proporción de mezcla. Prueba de propiedades mecánicas. Ensayos de tamizado de agregados.
Conclusiones	“Para el hormigón con RCA, el desarrollo de la resistencia es continua después de los 28 días de curado; mientras que, para el concreto con RBA, el desarrollo de la resistencia se vuelve muy lento después de los 28 días de curado. Esto es especialmente cierto para el concreto de grado C50 con alta tasa de reemplazo de RBA. La comparación de los resultados experimentales actuales con los reportados en la literatura para concreto endurecido con RCA o RBA demuestra la efectividad en mejorar la resistencia a la compresión utilizando la gradación óptima de agregados reciclados” (Zheng, y otros, 2018).

Nota. Adaptado de *Mechanical properties of recycled concrete with demolished waste concrete aggregate and clay brick aggregate*, por Zheng, y otros, 2018, (<https://doi.org/10.1016/j.rinp.2018.04.061>). Elaboración propia. 2022.

1.1.2 Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental

Este trabajo presenta los resultados del uso de RCD a base de hormigón y ladrillo, para la producción de bloques. Los resultados se obtienen tras diferentes ensayos de granulometría, de contenidos de humedad y resistencia a la compresión. La prueba más importante que se aplicó fue el de resistencia, a los 7, 14, 21 y 28 días, obteniendo resultados que están de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) y al Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). El estudio aporta de manera específica y significativa resultados concretos y óptimos sobre el reciclaje de los materiales, puesto que muestra que se pueden lograr resultados ideales, a base de RCD. Además, la investigación de impacto ambiental muestra que el uso de residuos debe convertirse en una prioridad, para reducir los riesgos contra el medio ambiente (Bernardo, 2018).

Tabla 2

Resumen del artículo: Aplicación el uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental.

Título de la tesis	Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental.
Fuente	(Carrasco, 2018).
Material	Hormigón y ladrillo
Metodología	Recolección y transporte Caracterización de propiedades Determinación de la resistencia a la compresión de los bloques Análisis del impacto ambiental.

Conclusiones

El bloque fabricado con RCD, es una alternativa viable, pues cumple con las características técnicas establecidas en la norma ecuatoriana. Además, aporta a la conservación del medio ambiente y es económicamente factible. Luego de los ensayos a compresión en los bloques fabricados con RCD, se ha identificado que las propiedades cumplen con la norma ecuatoriana INEN 3066. Obteniendo una resistencia de 4.04 MPa, superior a lo requerido en la norma (4.0 MPa); y con un porcentaje de absorción de 23.53 kg/m³, que es menor al porcentaje máximo en la norma (208 kg/m³). Por lo tanto, se ha determinado que el nuevo bloque con áridos reciclados es óptimo para su fabricación (Carrasco, 2018).

Nota. Datos adaptados de la tesis de maestría: Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental. Elaboración: Propia

1.1.3 Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente.

En este artículo científico se conoce la posibilidad de aprovechar los residuos de construcción procedentes del ladrillo a base de arcilla roja. Mediante esta materia prima se produce tres materiales que son muy empleados en la construcción: bloques, tejas y adoquines. Para la producción de estos materiales fue necesario utilizar el cemento portland, el cual funciona como un elemento estabilizador. A los bloques se les realizó una prueba de compresión a los 28 días, alcanzando una resistencia de 17.09 MPa, que es un valor aceptable según la norma colombiana. En la teja, se ejecutó un ensayo de rotura por flexión, el cual se obtuvo como resultado una carga de rotura de 995 N valor que no sobrepasa el mínimo establecido por la norma NTC 2086, que es

de 1100 N. En caso de los adoquines se realizó la prueba de Flexotracción obteniendo 4.42 MPa, valor que está según la norma técnicas definidas en la norma NTC 2017. (Robayo et al., 2016).

Tabla 3

Resumen del artículo: Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinizante.

Título del artículo	Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente.
Fuente	(Robayo et al., 2016).
Material	Ladrillo de arcilla roja
Metodología	Selección del material Trituración del material y análisis granulométrico Fabricación de materiales Análisis de las características técnicas
Conclusiones	Se muestra la viabilidad de utilizar el residuo de ladrillo (RL) como precursor primario de un mortero activado alcalinamente de tipo híbrido apto para fabricar elementos constructivos, tipo bloque, adoquín y teja, con propiedades incluso superiores a las mínimas establecidas en las normas técnicas colombianas (NTC), destacando la incorporación de tan solo un 10 % en peso de cemento Portland (OPC) y la utilización de procesos de conformado manual. De acuerdo con la norma NTC 4026, los bloques de RL obtenidos se pudieron clasificar como “bloques estructurales de clase alta”, al tener una resistencia a la compresión de 17.09 MPa y una capacidad de absorción de agua del 7.3 %, es decir, un 31.5 % más resistentes y un 18.8 % menos absorbentes que los requerimientos establecidos en la norma NTC 4026.

Nota. Datos adaptados del artículo científico: Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente. Elaboración: Propia

1.1.4 Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra.

Este estudio muestra cómo se pueden fabricar adoquines a partir de RCD provenientes de ladrillos y hormigón. Se da a conocer un sistema en el que el material que se puede fabricar directamente en obra, sin interferir los trabajos propios de la construcción, el material resultante se ajusta con las especificaciones técnicas establecidos en la normativa, de manera que se puede utilizar el adoquín en los pisos de las propias obras de donde se originan los residuos. A través de esto se minimiza la degradación ambiental, puesto que se disminuyen los daños ocasionados por mal tratamiento de los escombros, al mismo tiempo facilitando a los constructores el proceso constructivo, pues se utiliza los desperdicios que son estorbosos para los trabajadores de la construcción. Al mismo tiempo se ayuda al medio ambiente, pues el material que en un inicio se concibe como desecho, se convierte en materia prima para un nuevo material (Martínez y Poveda, 2015).

Tabla 4

Resumen del artículo: Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra.

Título de la tesis	Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra.
Fuente	(Martínez y Poveda, 2015).
Material	Ladrillo y hormigón
Metodología	Análisis de áreas Selección del material Trituración del material y análisis granulométrico Dosificación Modulación

Fabricación de materiales

Análisis de costos

Conclusiones

El adoquín a base de RCD se puede elaborar directamente en las diferentes obras, mediante un sistema de reciclaje, siempre y cuando se cuente con un área mínima de 70 m² para el montaje de maquinaria. El proceso de trituración mecanizado es el más óptimo dentro del sistema de reaprovechamiento de escombros ya que no necesita ser operado por más de dos obreros ya que la mayor fuerza se realiza en la disposición previa a este paso, por lo que se ahorra primero mano de obra calificada, tiempo y costos en cuanto a una trituración externa. La utilización de residuos gruesos y finos en la mezcla, ofrecen capacidades físicas de compactación, aminoramiento en la porosidad, y acabados en superficies más finos. En una de las muestras del material fabricado se obtuvo resultados en las pruebas de flexotracción y compresión, que superaron lo establecido en la NTC 2017, la cual determina un mínimo de 4,2 Mpa. (Martínez y Poveda, 2015).

Nota. Datos adaptados de la tesis: Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra. Elaboración: Propia

1.1.5 Elaboración de un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD)

Este proyecto expone como reutilizar los RCD correctamente. Para la fabricación de diferentes tipos de materiales, generalmente se utilizan los RCD como un desecho que funciona como materia prima, no obstante, esta investigación se enfoca en los bloques elaborados a partir de desechos provenientes de la construcción y demolición. Independientemente del material que se fabrique, estos siempre deben cumplir con los estándares establecidos en la normativa, en este caso el bloque resultante cumple con lo decretado en la Norma Técnica Colombiana 673, en cuanto a su resistencia. Se debe tener en cuenta que la adquisición de bloques resistentes es una parte

importante de toda investigación de este tipo, puesto que este material elaborado puede ser utilizado tanto como mampuesto o de forma estructural, por lo tanto, una resistencia precisa y correcta a la compresión garantizará que las construcciones no fracasen (Garzón y Clavijo, 2020).

Tabla 5

Resumen del artículo: Elaboración de un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD)

Título de la tesis	Elaboración de un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD)
Fuente	(Garzón y Clavijo, 2020).
Material	Ladrillo y hormigón
Metodología	Caracterización de los residuos Obtención del agregado a través de un proceso de trituración Fabricación del bloque Pruebas de resistencia a la compresión
Conclusiones	Es importante realizar una caracterización detallada de los RCD, con el objeto de conocer sus propiedades mecánicas, pues de esto dependerá el éxito o el fracaso del material elaborado. La resistencia requerida por la norma se dio con inclusión de un 25% a la dosificación; la resistencia del mampuesto obtenido es de 200 Kg/cm ² a los 28 días, lo que está dentro de los rangos establecidos en la normativa, por lo que se deduce que es factible la utilización de este material en la construcción, a más de que el nuevo material es amigable con el ambiente, y es una forma inteligente de reutilizar estos materiales

Nota. Datos adaptados de la tesis: Elaboración de un bloque modular hecho con agregado atenido de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD). Elaboración: Propia

En los apartados anteriores es claro ver que existen muchas investigaciones, en las que se utiliza los RCD como materia prima, para la fabricación de nuevos materiales. De ahí se puede inferir que la sociedad cada vez está más interesada en reciclar los residuos, esto es debido a que se está llegando a un punto en el que la producción de escombros se está volviendo insostenible para el ambiente; se debe tener claro que la construcción es gran responsable de un gran porcentaje

de degradación del medio ambiente en los últimos años, puesto que tanto la extracción indiscriminada de materia prima, como la producción de materiales, son procesos que demandan gran cantidad de energía, que retribuye a la generación de desechos y por ende a la contaminación ambiental.

Cada caso de estudio analizado, hace énfasis en dos puntos importantes, siendo estos la reutilización de los materiales y los ensayos realizados para poder cumplir con las normas respectivas, sobre todo en cuanto a la resistencia a la compresión, pues este aspecto determina si los materiales obtenidos son viables en cuanto a su utilización; esto no quiere decir que no se deba tener en cuenta otros aspectos como la económico, la facilidad de fabricación, materiales requeridos etc.

A continuación, se presenta en la Tabla 6 un análisis de los diferentes casos de estudios investigados, con los resultados alcanzados. En consecuencia, estos resultados permiten conocer las características, propiedades de los materiales que se van aplicar en la fabricación de los nuevos bloques con RCD de mampostería de ladrillos, demostrando que se pueden aplicar porcentajes de sustitución de RCD desde el 10% hasta al 100%, obteniendo una resistencia a la compresión mínima de 4.04 Mpa y máxima de 29.31 Mpa, siendo resultados factibles que no afectan los parámetros establecidos en la normativa ecuatoriana.

Tabla 6*Resultados del análisis a los casos de estudio.*

Caso de estudio	Resistencia Compresión (Mpa)			Absorción de agua	Densidad (Kg/m ³)	Reemplazo RCD
	7 días	14 días	28 días			
Propiedades mecánicas del hormigón reciclado con árido de demolición de hormigón y árido de ladrillos de arcilla	-	-	4.5	14.90%	874	75%
Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental	2.66	2.98	4.04	23.53 Kg/m ³	2125.12	100%
Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente.	-	-	17.0 9	7.03%	2019.8	90%
Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra	3.5	6.5	7.8	5.60%	-	10%
Elaboración de un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD)	18.1 4	-	29.3 1	4.00%	-	75%

Elaboración propia. 2022.

1.2 Base Teórica

1.2.1 Hormigón

El hormigón es la mezcla entre varios materiales hecho de cemento, arena, piedra y agua. Este es un material muy versátil y plástico, permite moldearlo para que adopte diversas formas y dimensiones. Otra fortaleza es su resistencia a la compresión y la facultad de aguantar la tracción por medio de armados o tensados, que pueden ser realizados con armaduras de acero. (NTE INEN 1762, 2014)

1.2.1.1 Composición del Hormigón.

Los bloques de hormigón son elaborados a base de “cemento hidráulico, áridos finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias u otros materiales inorgánicos inertes adecuados” (NTE INEN 3066, 2016). Adicionalmente se suelen usar aditivos que ayudan a mejorar las características físicas y mecánicas de hormigón.

1.2.1.1.1 Cemento.

Según la NTE INEN 1806 (2015) el cemento hidráulico, utilizado principalmente en mampostería y construcción de recubrimientos, consistente en una mezcla de cemento portland o cemento hidráulico compuesto y materiales plastificantes (tales como piedra caliza, cal hidráulica o cal hidratada) junto con otros materiales introducidos para aumentar una o más propiedades, tales como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad. “El cemento hidráulico que se utilice en la elaboración de los bloques debe cumplir con los requisitos de una de las siguientes normas: NTE INEN 490, NTE INEN 2380 o NTE INEN 152” (NTE INEN 3066, 2016, pág. 3).

Este componente al ser implementado con agua en su mezcla, genera un proceso de hidratación, que puede fraguar y endurecer gracias a sus propiedades químicas que posee, permitiendo la unificación de los agregados tanto finos como gruesos en una masa plastificante que puede adquirir una gran variedad de formas. En los procesos de mezclados de las diferentes combinaciones de cemento portland con cemento de escoria o puzolana, se obtienen los siguientes tipos de cementos hidráulicos compuestos, que, según sus necesidades específicas, se dividen como se muestra en la Tabla 7 (NTE INEN 1806, 2015).

Tabla 7

Tipos de cemento portland (ASTM C-150).

Tipo	Uso
Tipo I	Para ser utilizado cuando no se requieren las propiedades específicas.
Tipo II	Para uso general, en especial cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos.
Tipo III	Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia inicial o temprana.
Tipo IV	Para ser utilizado cuando se desea bajo calor de hidratación.
Tipo V	Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Nota. Adaptado de *Standard Specification for Portland Cement [C150M-22]*, por *ASTM International, 2022*, (https://www.astm.org/c0150_c0150m-22.html). Elaboración propia. 2022.

1.2.1.1.2 Agua

El agua utilizada en el hormigón debe ser limpia y clara, libre de sustancias nocivas o impurezas. En cuanto a la cantidad de agua, esta debe estar debidamente dosificada de acuerdo a las proporciones requeridas.

Este elemento implementado en la elaboración del hormigón, cumple con 3 funciones principales: contribuye a la trabajabilidad, hidrata el cemento y facilita la carbonación de la cal. Al mezclarse con el cemento produce una reacción química que endurece la pasta, proporcionando propiedades en el fraguado y otorgándole plasticidad. La cantidad de agua depende de los ingredientes del hormigón que se agreguen a la mezcla. (NTE INEN 2518, 2010, pág. 14)

1.2.1.1.3 Agregados

Según el informe del Comité American Concrete Institute (ACI) 116 (2000) define a los agregados como “material granular que pueden ser arena, grava, roca triturada, concreto hidráulico reciclado o escoria de alto horno, que se usan junto con un medio cementante hidráulico para elaborar hormigón o mortero” (pág. 13). Los agregados ocupan entre el 75 % y 90 % en relación al peso del hormigón y entre el 65 % y 75 % de su volumen, generando variaciones en las propiedades del hormigón (Alejandro Quimí & Merchán Reyes, 2019).

Dos tipos de agregados generales se presentan en la Tabla 8 según la norma ASTM C330M-14 (2017).

Tabla 8

Tipos de Áridos Según ASTM C330

Tipo	Descripción
Áridos gruesos	Son elementos que tienen un tamaño nominal mayor a 4.75 mm y menor a 150 mm, entre las que se encuentran; la grava, piedra partida y piedra pómez.
Áridos finos	Son partículas comprendidas entre 4.75 mm y 0.075 mm, dentro de estas se encuentran las arenas y polvo de piedra.

Elaboración propia. 2022.

1.2.1.2 Características generales del hormigón

Entre las características que posee el hormigón se tiene:

- Resistencia a la comprensión
- Buen comportamiento a fatiga y
- Posibilidad de mejora de sus características mecánicas.

1.2.1.3 Propiedades del hormigón

Entre las principales propiedades del hormigón tenemos las definidas en la tabla 9.

Tabla 9

Propiedades del hormigón.

Propiedades	Descripción
Trabajabilidad	Es la facilidad que tiene el hormigón para adoptar diferentes formas, ya sea mediante encofrados o moldeado.
Homogeneidad	Es la capacidad del material para mantener las mismas propiedades en todos sus puntos.
Densidad	Definida por la relación entre la cantidad de peso por unidad de volumen, dependerá del tipo agregados y su forma de puesta en obra.
Resistencia Mecánica	Capacidad del hormigón para soportar las cargas aplicadas sin agrietarse o romperse.
Porosidad	Es la cantidad espacios vacíos con respecto de la masa total. afecta a la resistencia, la densidad, y la permeabilidad del hormigón.
Permeabilidad	Capacidad de un material para permitir el paso de líquidos o gases. Propiedad importante para resistir los ataques químicos.

1.2.1.4 Clasificación del hormigón

La clasificación de del hormigón se deriva de acuerdo a diversos factores, entre los cuales, los más importantes se definen en la Tabla 10.

Tabla 10

Clasificación del hormigón.

	Livianos	1.200 a 2.000 kg/m ³
Por su densidad	Normales	2.000 a 2.800 kg/m ³
	Pesados	2.800 kg/m ³
Por su composición	Hormigón simple	Compuesto por agregados de granulométrica homogénea, contiene áridos gruesos y finos, en proporciones adecuadas.
	Hormigón ciclópeo	Es la combinación del hormigón simple con la adición de la piedra que generalmente tiene un tamaño mayor a 30 cm de diámetro, esta se añade durante su puesta en obra y es utilizado principalmente en cimentaciones.
	Hormigón ligero	Es el hormigón donde el árido grueso es de baja densidad (pumita, pómez, escorias granuladas, arcillas expandidas, etc.).

Elaboración propia. 2022

1.2.2 Método ACI 211 para dosificación del hormigón.

Método utilizado para diseñar mezclas de hormigón de peso normal (2,240 a 2,400 kg/m³), obteniendo los mejores resultados con la adecuada relación agua/cemento.

Para realizar este diseño de mezcla se pueden apoyar tanto en datos reales como empíricos, y que, con la consulta de tablas y gráficas, se desarrolla una guía que permite obtener combinaciones adecuadas de materiales. (Cáder Valencia & Oliva Salazar, 2012)

1.2.2.1 Procedimiento de diseño de mezcla de hormigón ACI 211.1

Este procedimiento de dosificación se aplica a la mezcla de hormigón de peso normal, aunque también pueden ser aplicados para definir proporciones de hormigones pesados y masivos.

Para poder definir los pesos aproximados en la mezcla de hormigón se debe seguir un conjunto de pasos que permiten ajustar la mezcla a las características de los materiales disponibles. Según las especificaciones de la obra se pueden considerar alguna de las siguientes recomendaciones:

- Máxima relación agua/cemento.
- Máximo contenido de cemento.
- Contenido de aire.
- Tamaño máximo de agregado.
- Resistencia.

Considerar aspectos de sobre diseño de resistencia, aditivos y tipos especiales de cemento o agregado.

Para establecer adecuadamente los pesos por m³ de hormigón se pueden seguir los pasos descritos en la Tabla 11.

Tabla 11*Procedimiento de Diseño de Mezcla de Hormigón Según ACI 211.1*

Paso 1	Elección del revenimiento	Si su valor no se ha especificado, este puede tomarse del ACI 211.1: <i>Anexo 9 y 10</i> Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.
Paso 2	Elección del tamaño máximo del agregado	Debe ser el máximo disponible económicamente y mantener una relación adecuada con las medidas de la estructura, su tamaño no podrá ser superior a: 1/5 de la menor dimensión entre los costados de las cimbras. 1/3 del espesor de las losas. 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre varillas, paquetes de varillas, cables o ductos de pretensado.
Paso 3	Estimación de la cantidad de agua y contenido de aire	La Tabla 6.3.3 ACI 211.1, presenta valores estimados de agua requerida para hormigones realizados con diferentes tamaños máximos de agregados, que pueden o no contener aire.
Paso 4	Selección de la relación agua/cemento	Los valores aproximados para esta relación se pueden tomar de ACI 211.1: <i>Tabla 6.3.4 (a) Relación Agua/Cemento y la resistencia a la compresión del concreto.</i>
Paso 5	Cálculo del contenido de cemento	El cemento necesario es igual al contenido estimado de agua de mezclado dividido entre la relación agua/cemento.
Paso 6	Estimación del contenido de grava	Los valores adecuados para el volumen de este agregado están determinados en ACI 211.1, <i>Tabla 6.3.6 - Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.</i>
Paso 7	Estimación del contenido de arena	Para determinar la cantidad de este agregado se pueden utilizar dos métodos: Método de Peso del concreto por unidad de volumen. Método de volumen absoluto ocupado por los ingredientes del concreto.
Paso 8	Ajuste por humedad de los agregados	El agua del mezclado será ajustada dependiendo del contenido de humedad y absorción que tengan los agregados.
Paso 9	Ajustes a la mezcla de prueba	Verificar las proporciones mediante mezclas de prueba, elaboradas y probadas de acuerdo con ASTM C-192.

Nota. Adaptado de *Selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete (ACI 211.1-91)*, por ACI, 2009, (<https://www.concrete.org>). Elaboración propia. 2022.

1.2.3 ACI 211.2 - Norma estándar que define la dosificación para hormigón ligero estructural

Esta norma proporciona dos métodos para el diseño de hormigón con agregados de peso liviano, basados en la ASTM C-330. Estos métodos son:

Método 1. Método de peso. - Esta técnica es aplicable a los hormigones livianos compuestos por áridos gruesos livianos y áridos finos de peso normal, usa un factor de gravedad específica para valorar el peso de los agregados.

Método 2. Método volumétrico. – Esta técnica se emplea al trabajar con agregados livianos o con una mezcla de áridos livianos y normales mediante la relación cemento- resistencia.

1.2.2.2 Método de peso

Este método permite calcular las proporciones necesarias para elaborar un hormigón ligero según los requerimientos de resistencia deseadas y características de los materiales que se utilizarán, mismo que deben tener las siguientes especificaciones:

1. Cemento: Tipo
2. Agua: Tipo
3. Agregados:
 - Peso específico de la masa
 - Tamaño máximo nominal
 - Peso seco compactado
 - Absorción
 - Contenido de humedad
 - Módulo de finura.

Para determinar la dosificación del hormigón se tiene que seguir el siguiente proceso que se establece en la tabla 12.

Tabla 12*Proceso para Determinación de Dosificación del Hormigón Según ACI 211.2*

Paso 1	Determinar la resistencia promedio	Obtener el valor, mediante el uso del Anexo 13
Paso 2	Selección de asentamiento.	Se podrá tomar el asentamiento más adecuado en base a lo establecido en los Anexos 9 y 10.
Paso 3	Tamaño nominal máximo del agregado grueso.	ASTM C-33M y ASTM C-330M. Anexo 16
Paso 4	Volumen unitario de agua	El anexo 11 muestra las estimaciones de agua para la elaboración del hormigón con distintos tamaños nominales de los áridos.
Paso 5	Contenido de aire.	El anexo 14, indica el contenido de aire de los agregados según su tamaño máximo nominal.
Paso 6	Relación Agua/ Cemento	La relación de A/C debe ser determinado en base a la resistencia requerida. El anexo 12 nos da algunos valores de la relación A/C
Paso 7	Contenido de cemento (Kg/m ³)	Utilizar fórmula 1. Anexo 20
Paso 8	Peso del agregado grueso seco (Kg/m ³)	El Anexo 11 establece los valores correspondientes en relación del tamaño nominal del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino.
Paso 9	Cálculo de volúmenes absolutos (m ³)	Continuar con el procedimiento, empleando las fórmulas 2 a la 7 del Anexo 20
Paso 10	Volumen del agregado fino seco (Kg/m ³)	Para conocer peso del agregado fino se debe aplicar la fórmula 8 del anexo 8.
Paso 11	Ajustes por humedad	Para corregir los valores de los áridos por humedad, usar las fórmulas 9 a la 15, del anexo 20 Fórmula 9 y 10: Peso húmedo de los áridos Fórmula 11 y 12: Humedad superficial de los áridos Fórmula 13: Aporte de humedad de los áridos Formula 15: Agua efectiva
Paso 12	Valores de diseño de la mezcla	El anexo 21 muestra las medidas de peso definidos para cada material que integren el hormigón

1.2.3 Residuos

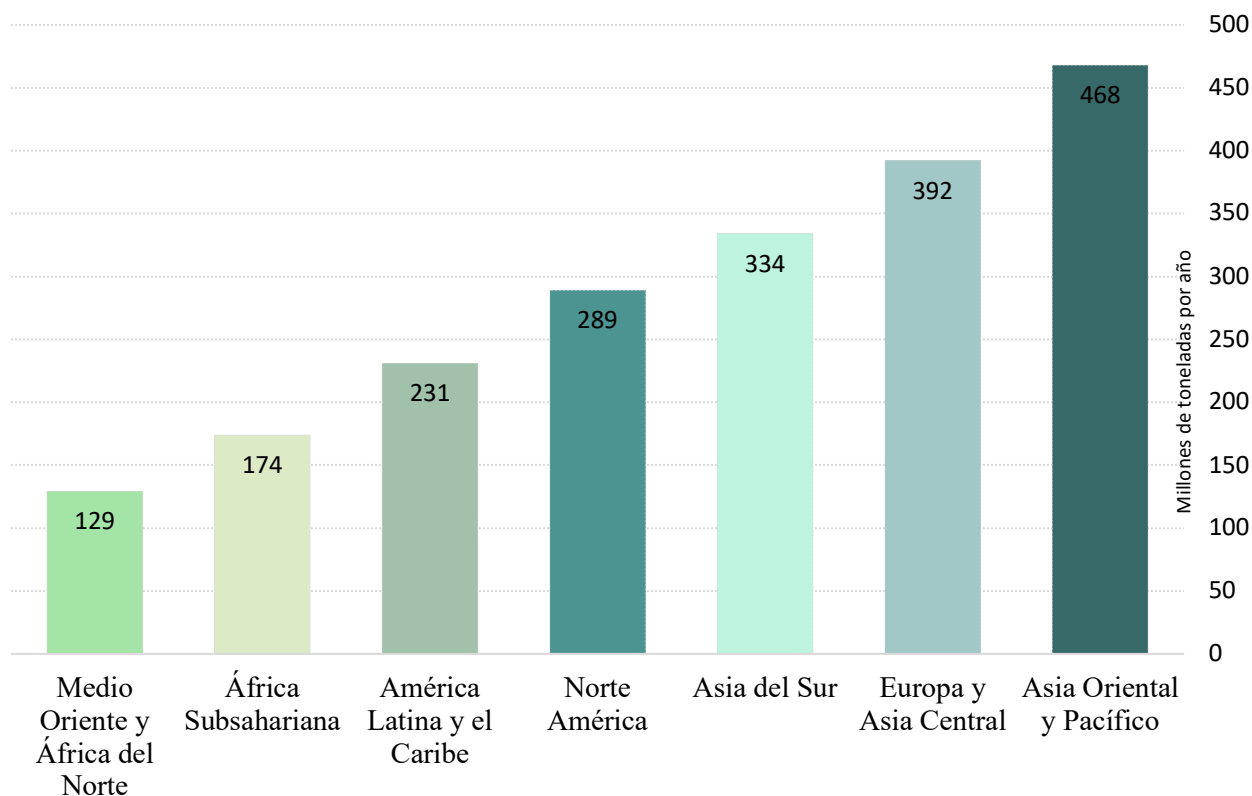
Al respecto la Norma Técnica Ecuatoriana, Servicio Nacional de Normalización 2841 (NTE INEN 2841, 2014) señala que:

Los residuos son cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido o semisólido, resultante del consumo o uso de un bien tanto en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que no tiene valor para quien lo genera, pero que es susceptible de aprovechamiento y transformación en un nuevo bien con un valor económico agregado (pág. 2).

1.2.3.1 Residuos de construcción y demolición

Kasa, S. y Van Woerden, F. (2018) mencionan que la generación de residuos es el resultado del desarrollo económico, el crecimiento de la población y la urbanización. Por ende, cuando las ciudades se vuelven más pobladas y prósperas, ofrecen más productos y servicios a los ciudadanos, participan en el comercio y el intercambio mundial, se enfrentan a cantidades de residuos que deben ser tratados o eliminados.

La Figura 2 indica que los países de Asia Oriental, Pacífico, Europa y Asia Central, aunque solo posean el 16% de la población mundial, generan un 34% de residuos o 683 millones de toneladas, de los desechos del mundo. Mientras que Asia del Sur, Norte América y América Latina y el Caribe generan un 42% o 854 millones de toneladas; África Subsahariana, Medio Oriente y África del Norte generan menor cantidad de residuos, 15% o 303 millones de toneladas. En general, el promedio mundial estimado para 2016 es de 0,74 kilogramos de residuos per cápita por día y la generación total de residuos sólidos es de aproximadamente 2,010 millones de toneladas (Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. & Van Woerden, F., 2018).

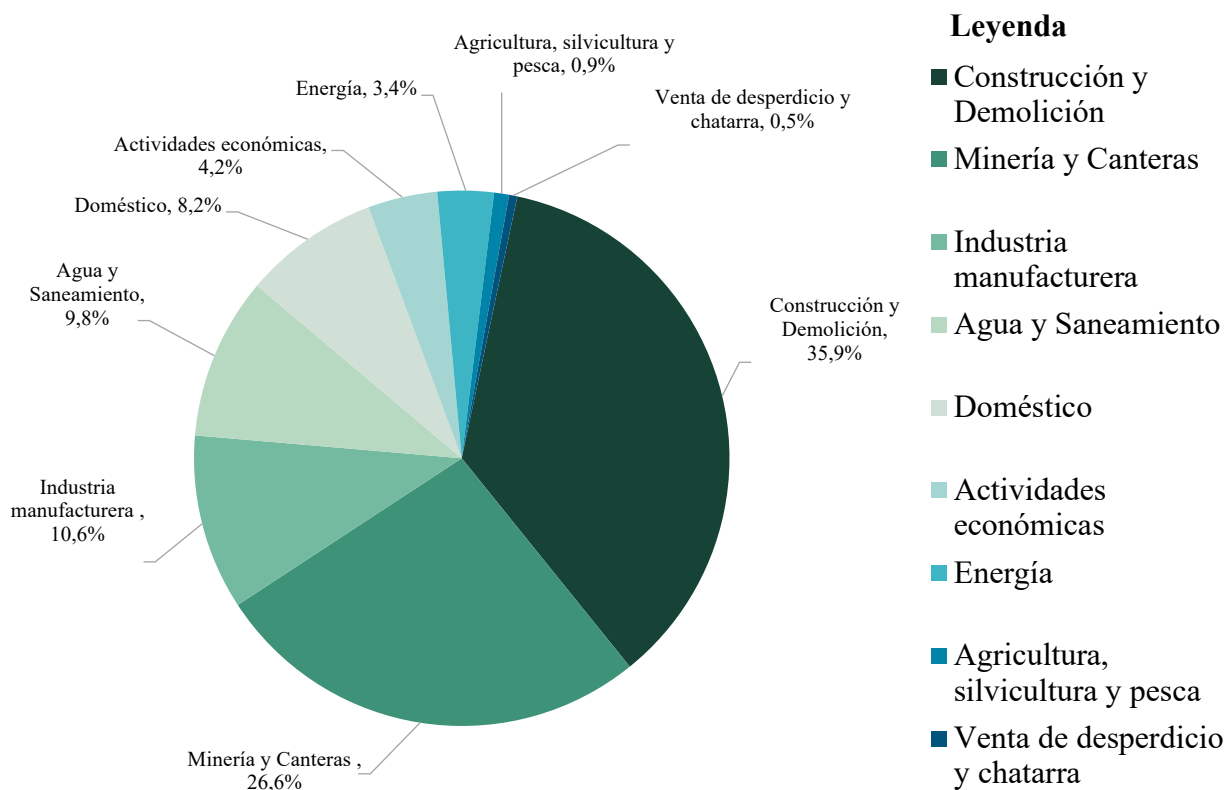
Figura 2*Generación de Residuos por regiones.*

Nota. Adaptado de *Porcentajes de residuos generados por región*, de Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. & Van Woerden, F., 2018, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2174>. Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO. Elaboración propia. 2022

Según estimaciones de Eurostat, el consumo de materias primas fue de 14,5 toneladas per cápita en la Unión Europea (UE) en el 2018, siendo en la industria de la construcción el producto con mayor huella de extracción con 4,2 toneladas per cápita (Eurostat, 2021a). Tal es el caso, como se muestra en la Figura 3, que en el sector de la construcción y demolición se generaron 35,9% del total de residuos y esta fue seguida por la minería y las canteras con 26,6%, seguida de la industria manufacturera con 10,6%, servicios de agua y saneamiento con 9,8% y doméstico 8,2%; el 9,1% restante correspondió a residuos generados por otras actividades económicas, principalmente servicios con 4,2% y energía con 3,4% (Eurostat, 2021b).

Figura 3

Generación de residuos por actividades económicas y hogares, 2018, UE, (% de los residuos totales).



Nota. Adaptado de *Generación de residuos por actividades económicas y hogares, 2021*, de Eurostat (env_wasgen). En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Con lo expuesto, se puede entender que el consumo excesivo de la materia prima, está íntimamente ligada a la actividad del sector de la construcción (Santos Jiménez, M., 2018). En consecuencia, la construcción sería uno de los grandes consumidores de recursos y energía, además, de ser el mayor generador de desechos y contaminación, con 13,1 gigatoneladas (Gt) de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía, o el 38% del total mundial en el 2015, y para el 2019, las emisiones producidas por el sector de construcción y edificación habían aumentado a un pico de 13,4 gigatoneladas CO₂ (United Nations Environment Programme [UNEP], 2021a).

Mientras tanto, en América Latina y el Caribe (ALC), se caracteriza por ser la región más urbanizada del mundo en desarrollo, con el 83% de su población radicando en zonas urbanas y periféricas (ONU Medio Ambiente, 2018), acarreado consigo, un incremento del espacio construido que pasó de 21,933 km² en 1975 a 44,452 km² en 2015 (un incremento de 103%) (PNUMA, 2021). Esto ha generado que el consumo total de energía en los edificios represente el 24 %, las emisiones totales de CO₂ el 21 %, mientras que el uso de la electricidad del consumo final en los edificios represento el 44 %, la biomasa 25%, el petróleo 18 % y un 12% de gas natural (United Nations Environment Programme [UNEP], 2021a)

Finalmente, a medida que la actividad del sector de la construcción crece año tras año, requiere un mayor consumo de materiales; principalmente la arena, grava, piedra caliza y roca triturada. La cantidad de arena y grava utilizada en la construcción, representa diez veces la cantidad final de cemento producido a nivel mundial y más de un tercio del consumo de materia prima en términos de gigatoneladas. Sin embargo, la mayor parte del uso de los recursos naturales y la generación de los impactos ambientales tienen lugar en las etapas de producción de materiales, construcción y en la operación de la cadena de valor (UNEP, 2021b).

Por consiguiente, los residuos generados por la industria de la construcción y demolición son los mayores contaminantes del medio ambiente, no por ser elementos tóxicos, sino más bien, por el gran volumen que estos generan; por mínima que sea la actividad constructiva (Ministerio de Medio Ambiente Español, 2001). De la misma forma, la gestión y eliminación inadecuada de los residuos puede tener graves impactos ambientales. Los vertederos, por ejemplo, ocupan espacio de tierra y pueden causar contaminación del aire, el agua y el suelo, mientras que la incineración puede generar emisiones de contaminantes atmosféricos (Eurostat, 2020, pág. 109). Esto genera un gran impacto visual y paisajístico negativo, inclusive, al desechar los materiales, que con un

proceso adecuado pueden ser reutilizados. Por lo tanto, es fundamental reducir las cantidades producidas y aprovecharlo como material secundario (CEDEX, 2014, pág. 2).

1.2.3.2 Clasificación de los RCD

En la actualidad el Ecuador no cuenta con directrices, procedimientos y criterios claros para la clasificación de los residuos generados por la industria de la construcción, más bien, se encuentran englobados dentro de los residuos sólidos urbanos (RSU), permitiendo un tratamiento y gestión, igual que el resto de residuos, resultando complicado determinar una adecuada caracterización de los RCD (Decreto 3516 de 2015). Además, según Aguilar (2017) resulta difícil estimar los datos sobre la clasificación y composición de los RCD puesto que, no todos los países consideran las mismas categorías de clasificación. Actualmente existen diversos estudios para determinar una óptima clasificación de los RCD, empezando por un estudio que evalúe los orígenes de los materiales, potencial reúso (aprovechables y no aprovechables), la generación y cuantificación de los residuos, su recolección y transporte, la disposición final, y por último, la composición de los materiales, entre otros (Contreras Lojano, 2012).

1.2.3.2.1 Clasificación de los RCD según el tipo de actividad.

Los RCD se pueden clasificar de acuerdo al tipo de actividad de la que provengan, como se muestra en la Tabla 13 (Aguilar, 1997). Se encuentran los provenientes de la construcción y demolición de las edificaciones residenciales y no residenciales, reparación y limpieza asociada con desastres producto de la naturaleza o por intervención de la humana (Mejía, Giraldo, & Martínez, 2013).

Tabla 13

Clasificación de los residuos de construcción y demolición de acuerdo al tipo de actividad.

Actividad	Objeto	Componentes principales	Consideraciones
Demolición	Viviendas	Antiguas: marroquinería, ladrillo, madera, yeso, tejas. Recientes: ladrillo, hormigón, hierro, acero, metales y plásticos	Los materiales dependen de la edad del edificio y del uso concreto del mismo en el caso de los de servicios
	Otros edificios	Industriales: hormigón, acero, ladrillo, mampostería Servicios: Hormigón, ladrillo, mampostería, hierro, madera.	
	Obras públicas	Mampostería, hierro, acero, hormigón armado	Los materiales dependen mucho de la edad y el tipo de infraestructura a demoler. No es una actividad frecuente.
	Excavación	Tierras	
Construcción	Edificación y Obras Públicas	Hormigón, hierro, acero, ladrillos, bloques, tejas, materiales cerámicos, plásticos, materiales no férreos.	Normalmente se reutilizan en gran parte.
	Reparación y mantenimiento	Suelo, roca, hormigón, productos bituminosos. Viviendas: cal, yeso, madera, tejas, materiales cerámicos, pavimentos, ladrillo.	Originados básicamente por recortes, materiales rechazados por su inadecuada calidad y roturas por deficiente manipulación.
	Reconstrucción y rehabilitación	Otro: hormigón, acero, mampostería, ladrillo, yeso, cal, madera.	Generación de residuos poco significativa en el caso de edificación.

Nota. Adaptado de *Reciclaje de materiales de construcción*, por Aguilar, A., 1997, Boletín CF+S., Especial sobre Residuos, (<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst1.html>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022.

1.2.3.2.2 Clasificación de los RCD según el tipo de aprovechamiento

De acuerdo a la Tabla 14, se presenta la clasificación de los RCD según su potencial reúso (aprovechables y no aprovechables), información que fue recopiladas por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) de los Decretos 838 de 2005, 4741 de 2005, 1115 de 2012 y 2981 de 2013 de la

Legislación Colombiana, que otorga pautas para diferenciar los residuos de construcción y demolición que tienen un potencial para su aprovechamiento (SDA, 2015).

Tabla 14

Clasificación de los residuos de construcción y demolición de acuerdo al tipo de aprovechamiento.

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
RCD aprovechables	I-Residuos comunes inertes mezclados	Residuos pétreos	Cerámicos, ladrillos, baldosín, concretos, arena, grava, cantos, bloques o fragmentos de roca, mortero y materiales no pasantez al tamiz # 200 (0,075mm).
	II-Residuos comunes inertes de material fino	Residuos finos no expansivos	Arcilla (caolín), limos y residuos inertes que sobrepasen el tamiz # 200.
		Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200.
	III-Residuos comunes no inertes	Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios y cauchos.
	IV-Residuos metálicos	Residuos de carácter metálico	Partes y tuberías de Acero, hierro, cobre aluminio, estaño y zinc.
	V- RAEE	Residuos eléctricos y electrónicos	Cable, lámparas, partes eléctricas o electrónicas que se desmonte en el área.
RCD no aprovechables	VI- Residuos Orgánicos	Residuos de pendones	Residuos de tierra negra.
		Residuos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies bióticas.
	1.Residuos peligrosos	Residuos corrosivos, radioactivos, explosivos, tóxicos, patógenos.	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, etc.
2.Residuos especiales	No definida	Poliestireno - Icopor, cartón-yeso (drywall), llantas entre otros.	
3.Residuos contaminados con otros residuos	Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos.	

Nota. Adaptado de *Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición - RCD en obra*, por SDA [Secretaría Distrital de Ambiente], 2015, (<https://www.ambientebogota.gov.co/es/web/sda/inicio>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022.

La clasificación de los RCD indicados en las Tablas 13 y 14, muestran qué, según su procedencia, composición, naturaleza y potencial reúso, pueden ser reutilizados y potenciados para ser insertarlos nuevamente en la industria constructiva de las edificaciones y obras civiles, como reemplazo de la materia prima (agregado grueso), generando nuevos elementos prefabricados de mamposterías, morteros, adoquines, entre otros, que ayudaran a reducir el impacto que tiene la construcción sobre medio ambiente.

1.2.3.3 Composición de los RCD

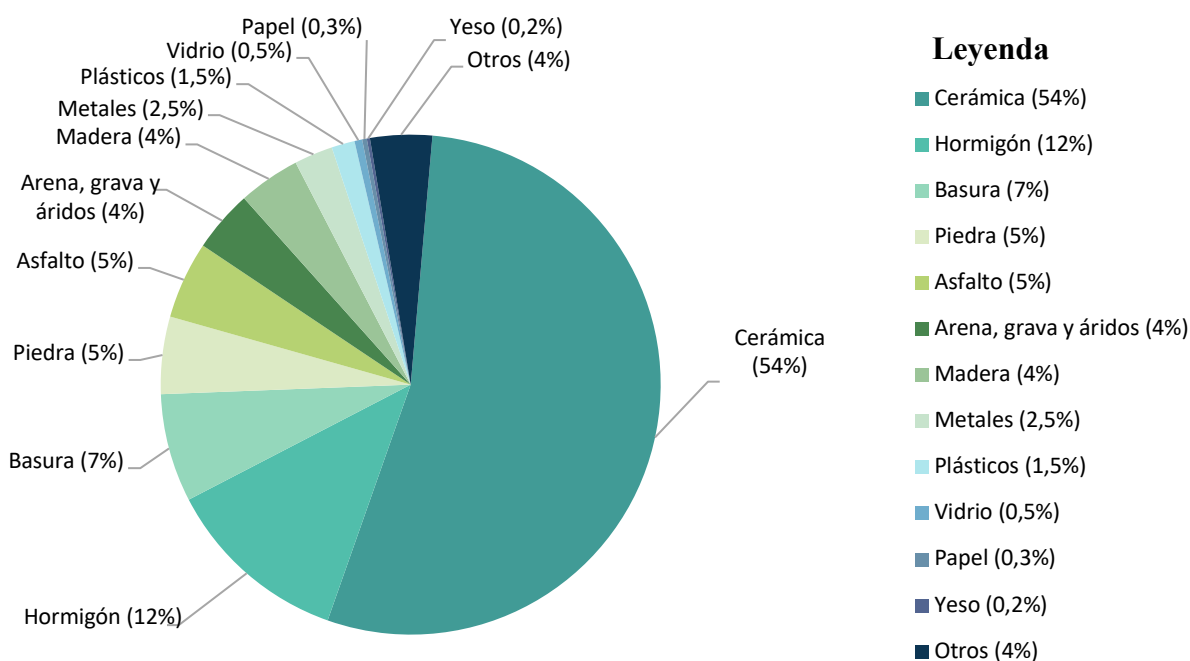
La composición de los RCD, varían de acuerdo al tipo de infraestructura, ya sea demoliciones de edificaciones o rechazos de los materiales en obras de reformas o nuevas construcciones (CEDEX, 2014). Sus componentes mayoritarios dependen de las técnicas habituales de construcción, tipo de edificación y disponibilidad de los materiales, que pueden variar dependiendo de la localidad donde se realice la actividad constructiva. En cambio, los materiales minoritarios se condicionan por una serie de factores más amplios, lo que dificulta definir con precisión los componentes, ya que pueden estar condicionados por agentes climáticos del lugar, la capacidad de recursos económicos de su población y la funcionalidad la edificación (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2018).

En la Figura 4, el centro de estudios y experimentación de obras públicas (CEDEX) señala que el 75% de los RCD generados en España, se encuentran conformados por cerámicos, hormigón, piedra y áridos (arena, grava), que provienen mayoritariamente de las demoliciones de edificaciones, siendo los cerámicos (ladrillos, azulejos, tejas, ladrillos rechazados de la fábrica) el tipo de residuo predominante. El 25% de los materiales restantes, comprende una variedad de residuos tales como: la madera, vidrio, plásticos, metales, asfalto, yeso, papeles, entre otros, como se muestra en la Figura #. No obstante, debido al gran auge de la industria de la construcción en

los últimos años (UNEP, 2021a), la composición de los RCD del grupo minoritario ha ido variando en el tiempo, adaptándose a las nuevas tecnologías que se implementan en los procesos constructivos, como los materiales sintéticos de polímeros y aditivos químicos, entre otros (Mejía, Giraldo, & Martínez, 2013).

Figura 4

Composición de los residuos de construcción y demolición.

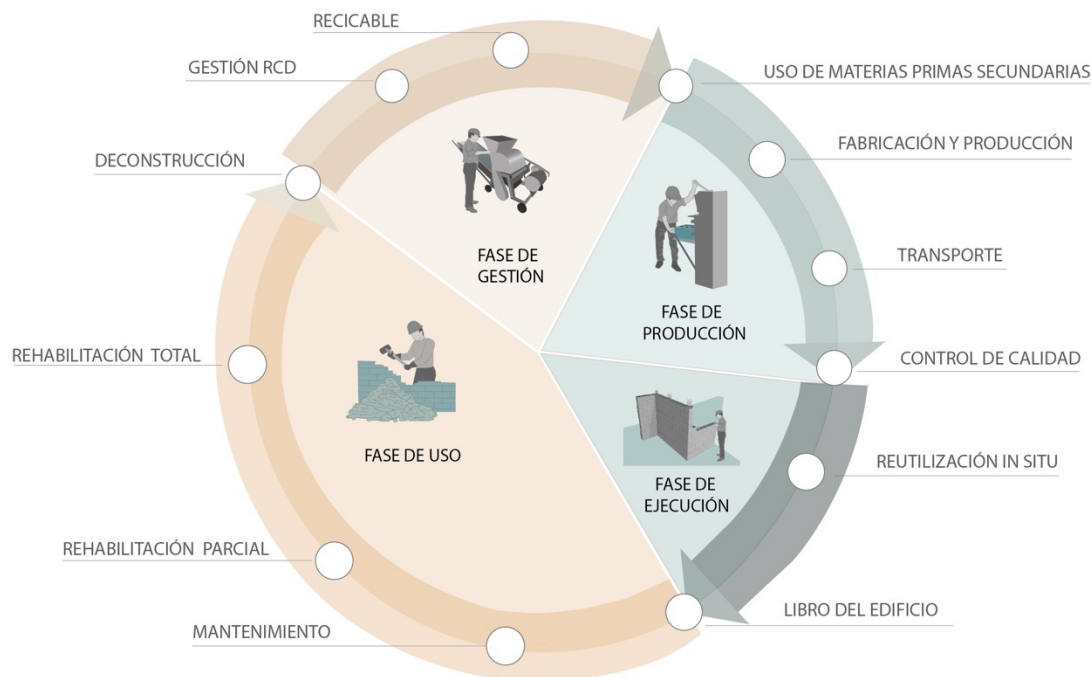


Nota. Adaptado de *Residuos de construcción y demolición*, por CEDEX, 2014. En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Según un estudio determinado por la Comunidad Autónoma de Madrid sobre el tipo de materiales que componen los RCD, la mayor parte de los residuos procedentes de la construcción o demolición de los edificios se pueden calificar como inertes, a excepción de una pequeña proporción de peligrosos y no inertes como, por ejemplo, el amianto, fibras minerales, los disolventes y algunos aditivos del hormigón, ciertas pinturas, resinas y plásticos. (Resolución de 14 de junio de 2001 [Secretaría General de Medio Ambiente], 2001).

Figura 5

Proceso de gestión de los RCD de mampostería de ladrillo.



1.2.4 Bloques de hormigón.

Los muros de mampostería de bloques de hormigón, no sólo se utilizan para estructuras, también para protección contra fuego, subdivisiones de espacios, aislamiento térmico y acústico y, apariencia estética. Por consiguiente, la mampostería de bloque de hormigón es apreciada por su color, forma, textura, durabilidad, por su capacidad de aislamiento térmico y por su bajo costo, con respecto a los distintos materiales que existen actualmente en el mercado (Bonett Díaz, R. L., 2003).

La Norma Técnica Ecuatoriana, Servicio Nacional de Normalización 3066 (NTE INEN 3066, 2016) describe al bloque de hormigón como:

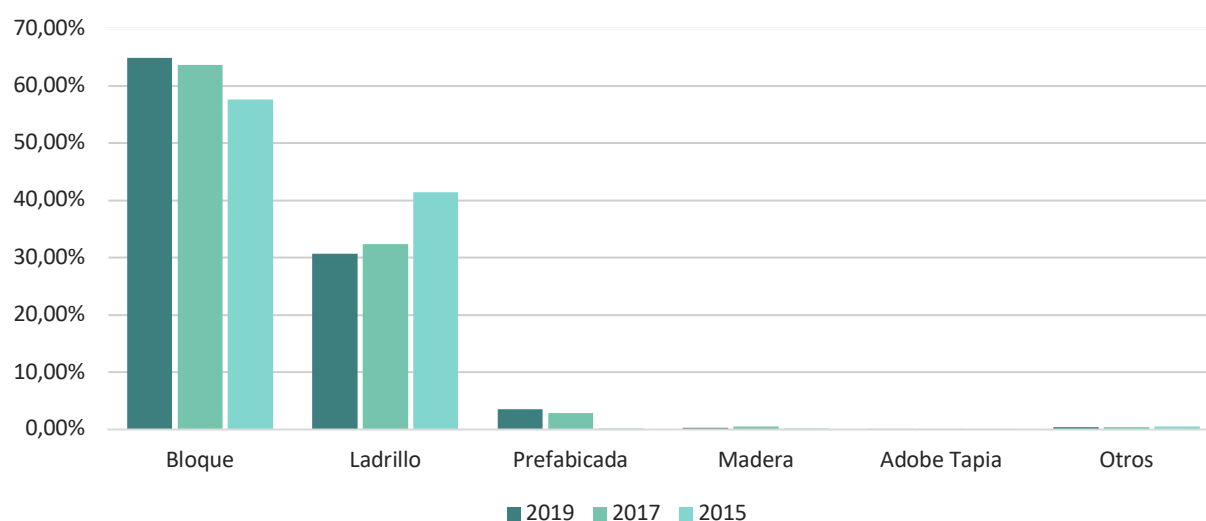
Un elemento pre moldeado, en forma de paralelepípedo, con o sin huecos en su interior, fabricado a base de cemento, agua, agregados finos o gruesos, con o sin aditivos, obedeciendo a una granulometría, dosificación y técnica de construcción; con forma y

dimensiones que permiten su fácil transporte, almacenaje, manipuleo y colocación, en forma manual, los cuales han sido especialmente diseñados para mampostería confinada o reforzada. (pág. 3)

En el Ecuador el bloque de hormigón y ladrillo, son los materiales más predominantes como elementos de mampostería en la construcción de envolventes y paredes divisorias, según los datos de la última Encuesta Nacional de Edificaciones (ENED), realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) con el 64.91% para bloques de hormigón y el 30.66% en ladrillos, como se muestra en la Figura 6, (ENED, 2020). Con lo expuesto, se puede entender el alto consumo energético que implica todo el proceso de elaboración y el impacto de la construcción sobre el medio ambiente, debido al manejo de los materiales con alta energía incorporada y un sistema de alto consumo, se obtiene como resultado una mayor emisión de dióxido de carbono (CO₂) en el medio ambiente (Caraguay Satama, S. E., 2017) .

Figura 6

Material utilizado en paredes.



Nota. Adaptado de *Materiales utilizados en paredes*, por Instituto Nacional de Estadística y Censos. Encuesta de Edificaciones, 2020, (<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/edificaciones/>) En el dominio público. Elaboración propia. 2022

1.2.4.1 Clasificación de bloques de hormigón.

De acuerdo a la NTE INEN 3066 (2016) los bloques de hormigón se clasifican de acuerdo a su uso y densidad (pág. 3).

1.2.4.1.1 *Según su uso.*

La Norma NTE INEN 3066 (2016) clasifica a los bloques de hormigón de acuerdo a su uso, en 3 clases, como se indica en la Tabla 15 y, menciona lo siguiente:

El bloque estructural (Clase A), tal como se utiliza en esta norma, se considera como parte de un elemento estructural diseñado bajo el criterio de pared portante; adicionalmente puede ser utilizado en mamposterías no estructurales cuando el bloque se encuentre directamente expuesto, parcial o totalmente a la intemperie.

El bloque no estructural (Clase B), sirve para separar espacios físicos, no debe soportar más carga que su propio peso. Este bloque no debe ser utilizado si va a estar expuesto directamente a la intemperie, a menos de que esté protegido (pág. 3).

Tabla 15

Clasificación de bloques de hormigón de acuerdo a su uso

Bloques de acuerdo a su uso	
Clase	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamiento en losas

Nota. Adaptado de *Bloques de Hormigón de acuerdo a su uso*, por NTE INEN 3066, 2016. (<http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022

1.2.4.1.2 Según su densidad.

La Norma NTE INEN 3066 (2016) define la densidad como la masa en el aire y el volumen del material clasifica a los bloques de hormigón de acuerdo a su densidad, en 3 tipos, como se indica en la Tabla 16.

Tabla 16

Clasificación bloques de hormigón, de acuerdo a su densidad

Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad	
Tipo	Densidad del hormigón (kg/m³)
Liviano	< 1 680
Medio	1 680 a 2 000
Normal	> 2 000

Nota. Adaptado de *Bloques de Hormigón de acuerdo a su densidad*, por NTE INEN 3066, 2016. (<http://apps.normalizacion.gob.ec/download>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022

1.2.4.2 Composición de bloques de hormigón.

Los bloques de hormigón son elaborados a base de “cemento hidráulico, áridos finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias u otros materiales inorgánicos inertes adecuados” (NTE INEN 3066, 2016). En la Tabla 17 se definen las características de los materiales para la fabricación del bloque según la norma NTE INEN 1806 (2015).

Tabla 17

Características de Materiales para la Fabricación del Bloque, Norma NTE INEN 1806 (NTE INEN 1806, 2015).

Material	Descripción
Cemento	“El cemento hidráulico que se utiliza en la elaboración de los bloques debe cumplir con los requisitos de una de las siguientes normas: NTE INEN 490, NTE INEN 2380 o NTE INEN 152” (NTE INEN 3066, 2016, pág. 3).

Árido grueso

El árido grueso debe consistir en grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de altos hornos enfriada al aire u hormigón de cemento hidráulico triturado o la combinación de estos, el tamaño mínimo será de 4.75 mm ni mayor que 125 mm (NTE INEN 872, 2011).

Agregados

Árido fino

El árido fino consiste de arena natural, arena elaborada o la combinación de ellas. Estas no deben tener más del 45% pasante en cualquier tamiz, o como los indicados en la Tabla 4 y su módulo de finura no debe ser menor que 2,3 ni mayor que 3,1 (NTE INEN 872, 2011).

Agua

“El agua que se utilice en la elaboración de los bloques de hormigón debe ser potable, libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas” (NTE INEN 3066, 2016, pág. 3).

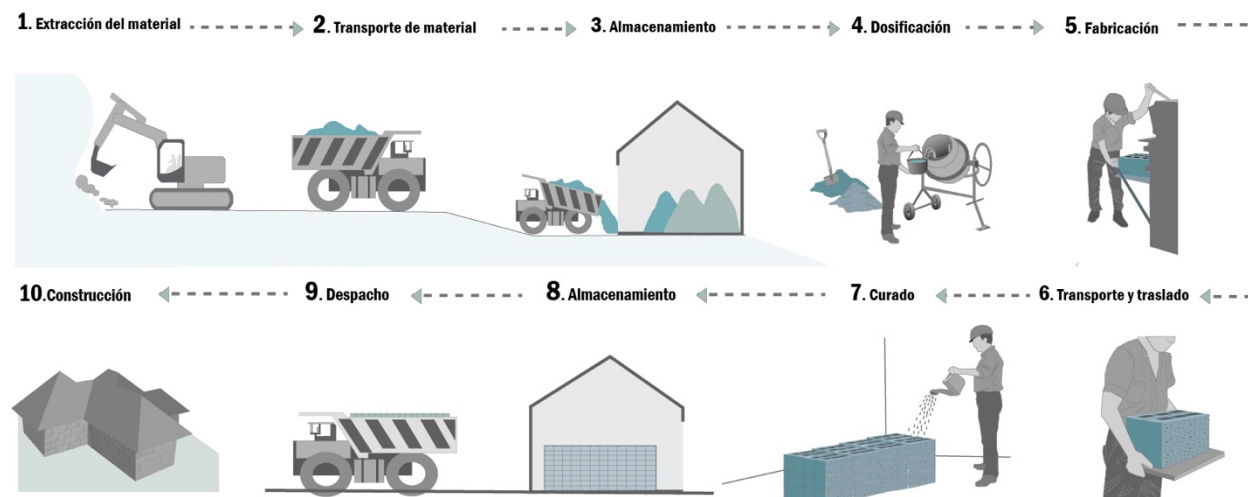
Elaboración propia. 2022

1.2.5 Bloque en la ciudad de Azogues

El bloque de hormigón más utilizado para la industria de la construcción en la ciudad de Azogues es el bloque hueco de hormigón, que se elabora a base de cemento, piedra pómez, puzolana y agua, que luego de ser dosificado empíricamente, es presando con máquinas vibro compactadoras semi industriales. La dosificación empleada en estos bloques artesanales es de bajo costo, que es utilizada para satisfacer una industria de cantidad que, de calidad, disponiendo de una mampostería que no cumple con los requisitos establecidos por la norma ecuatoriana. En la Figura 7 se muestra el proceso de fabricación de bloques que se implementa en Azogues y en la mayoría de las bloqueras a nivel nacional.

Figura 7

Proceso de fabricación de bloques artesanales.



Elaboración propia. 2022.

1.2.5.1 Preparación de materia prima

La elección y calidad de los materiales influyen en la resistencia final del bloque, para fabricar el hormigón del bloque se utiliza: cemento portland, agregados; piedra pómez y puzolana, y agua. A continuación, se describe cada componente.

1.2.5.1.1 Cemento.

El componente principal en la fabricación del bloque es el cemento, es el material que permite la aglomeración de los agregados y determina la resistencia del elemento.

El mercado nacional dispone de varias clases de cemento portland, elaborados de acuerdo a las normas NTE INEN 490 y 2380, que definen características y requisitos a cumplir (Porrás Porrás, 2019)

1.2.5.1.2 Agregados

Los agregados utilizados en la fabricación del bloque son importantes, ya que, componen su estructura y definen su calidad final. El conjunto de agregados que intervienen en la elaboración del bloque comprende cerca del 90% de su hormigón (Porras Porras, 2019). Para garantizar la calidad del hormigón del bloque, los agregados deben cumplir con las siguientes características:

- El tamaño máximo de los áridos se establece en 9.52 mm.
- El contenido de finos debe mantenerse en un porcentaje del 10 al 15%.
- La granulometría: el módulo de fineza define el tamaño promedio de las partículas de un árido. En hormigones para bloque este valor es de 3.70 (Moya Heredia, Toscano Barros, & Rubio Inguilan, 2017)

1.2.5.1.3 El agua

Es el elemento que permite el aglutinamiento de las partículas y áridos, es fundamental para la elaboración de hormigones y morteros. Según la NTE INEN 638, el agua utilizada en la fabricación del bloque, debe ser dulce, en lo posible potable, libre de elementos nocivos y con un PH superior a 4,5 (Porras Porras, 2019).

1.2.5.2 Dosificación

En la ciudad de Azogues, las fábricas de bloques realizan la dosificación de cada material por volumen, se toma como unidad de medida a la carretilla, las proporciones de cada material están condicionadas a la capacidad de la máquina mezcladora y a la cantidad de bloques que se requieran fabricar (Porras Porras, 2019). En la Tabla 18, muestra dosificación de los materiales para la fabricación del bloque en la ciudad de Azogues.

Tabla 18

Dosificación de materiales para la fabricación de bloques artesanales.

Dosificación	
Material	Unidad de medida
Cemento	½ quintal
Piedra pómez	2 carretillas
Puzolana	1 carretilla + 1 balde
Agua	2½ balde

Con esta dosificación se obtienen un total de 6 tableros, donde cada tablero contiene 6 bloques con una dimensión de 150x200x400mm.

Registro fotográfico

Dosificación de Puzolana



Dosificación de Cemento



Elaboración propia. 2022.

1.2.5.3 Mezcla

La tabla 19 muestra el proceso de mezclado de cada material en la máquina mezcladora.

Tabla 19

Proceso de mezclado de los materiales para la fabricación de bloques artesanales.

Mezclado de los materiales

Cada uno de los materiales se colocan en la máquina mezcladora hasta lograr una consistencia homogénea, para asegurarse que la integración de materiales sea la correcta se realiza la prueba del puño, para esto el operador toma un puñado de la mezcla y la presiona, si mantiene su forma esta lista para la siguiente etapa, otra prueba común es la percepción visual, cuando durante el proceso de mezclado se observa la formación de pequeñas esferas del material.

Registro fotográfico

Mezclado de materiales



Prueba de puño



Elaboración propia. 2022.

1.2.5.4 Moldeado

La mezcla obtenida se transporta al área de prensado, aquí se encuentra la máquina de vibro-compactación que es operada manualmente, esta admite varios moldes hechos en acero para producir bloques de diferentes tamaños de acuerdo a las necesidades del consumidor. La tabla 20, muestra el proceso de prensado de los bloques.

Tabla 20

Proceso de formación del bloque artesanal.

Prensado de bloques

El proceso se inicia colocando el tablero debajo del molde, este recogerá los bloques formados y también facilitará el transporte de los elementos a la zona de secado.

Con una pala se llenan los moldes con la mezcla de hormigón hasta el tope y se retiran los excesos, se enciende la máquina y comienza el vibrado por algunos segundos, durante este proceso se compacta el material mientras vibra, esto homogeniza la estructura del bloque y le da su forma.

Registro fotográfico

Colocación del material en la máquina de formación de bloques.



Salida de bloques de la máquina de formación



Elaboración propia. 2022

1.2.5.5 Curado

Una vez que los bloques salen de la máquina son transportados al área de secado, que generalmente son espacios al aire libre. La tabla 21, muestra la ubicación de los bloques en el espacio de secado.

Tabla 21

Proceso de curado del bloque artesanal.

Secado de bloques

El curado comienza transcurrido las 24 horas de su fabricación y consiste en rociar con agua los bloques tres veces al día durante 7 días, esto permite el secado lento de los elementos evitando afectaciones en la resistencia y su estructura física. También se deben proteger contra los elementos naturales como la lluvia el viento y el sol, para esto se suelen cubrir con plástico u otros elementos.

Registro fotográfico

Transporte de bloques al espacio de secado



Colocación de bloques en hileras para su posterior comercialización



Elaboración propia. 2022

1.2.5.6 Costo

El precio de los bloques varía de acuerdo a la fábrica que los produce, la Tabla 22 muestra las dimensiones y el valor de los bloques que se fabrican en la bloquera: ``Bloquera Torres``, ubicada en la ciudad de Azogues en el sector denominado Shirincay.

Tabla 22

Dimensiones y costos de bloques fabricados

Dimensiones y precios de bloques

Medida

Precio \$

150x200x400 mm	0,42
120x200x400 mm	0,41
100x200x400 mm	0,41

Elaboración propia. 2022

1.2.6 Normativa para bloques de hormigón.

1.2.6.1 Dimensiones

Según la NTE INEN 3066 (2016), la tolerancia máxima para largo, ancho y alturas reales, debe ser de ± 3 mm de las respectivas medidas nominales, del mismo modo, el espesor mínimo de las paredes y tabiques deben ser de 13 mm para los bloques de clase B y C. Por su parte, el espesor mínimo de las paredes y tabiques para la clase (A) deben ser de 19 mm, como se muestran en la siguiente Tabla 23.

Tabla 23

Dimensiones mínimas de paredes y tabiques, Bloques clase A.

Ancho modular del bloque	Espesores mínimos de paredes y tabiques (mm)		Área mínima normalizada de tabiques (mm^2/m^2)
	Paredes	Tabiques	
≤ 100	19	19	45 140
101 a 150	25	19	45 140
> 150	32	19	45 140

Nota. Adaptado de *Bloques de Hormigón de acuerdo a su densidad*, por NTE INEN 3066, 2016. (<http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022

1.2.6.2 Dimensiones modulares y nominales.

Las dimensiones modulares y nominales de cada tipo de bloque podrán combinarse los valores de las columnas de la tabla 24 entre sí. En la elección de las dimensiones nominales de los bloques debe cumplir que el largo sea mayor que el ancho (NTE INEN 3066, 2016).

Tabla 24

Dimensiones modulares y nominales de bloques de hormigón.

Dimensiones modulares (mm)			Dimensiones nominales (mm)		
Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura
400	300	200	390	290	190
300	200	250	290	190	240
200	100	150	190	90	140
		100			90

Nota. Adaptado de *Dimensiones modulares y nominales de bloques de hormigón*, por NTE INEN 3066, 2016. (<http://apps.normalizacion.gob.ec/download>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022

1.2.7 Normas establecidas para RCD de mampostería de ladrillo.

La normativa es muy explícita en cuanto a la determinación de los valores, en cuanto a resistencias, granulometrías, etc. El reciclaje de materiales está en auge, puesto que, la contaminación ambiental es un tema que se debe tratar de manera prioritaria.

Cada país tiene su propia normativa en cuanto, a la utilización de los RCD para la fabricación de diferentes tipos de materiales, pudiendo ser pavimentos, bloques, ladrillos, etc. A continuación, en la Tabla 25, se resume las diferentes normativas de cada país, en donde se muestra de donde sale norma y cuál es su campo de aplicación.

Tabla 25*Normas técnicas de diferentes países*

Región	País	Norma Reglamento	Técnica	Campo de aplicación
Internacional	España	GEAR para RCD (2008 -2011)	Áridos Reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD).	Desarrollo experimental de materiales.
	Alemania	DIN 4226- 102:2017-08	Ensayos de tipo y control de producción en fabrica, de áridos reciclados que proviene de RCD.	Desarrollo de bloques a base de RCD.
		DIN EN 12620 - Parte 102		
Bélgica	PTV 406 NBN EN 206:2013+A1:2016	Áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición.	Elaboración de mamposterías a base de RCD.	
Latinoamericana	Colombia	IDU ET 2018	Agregados reciclados de residuos sólidos de la construcción.	Elaboración de bases y subbases granulares para vías vehiculares y para subbases de vías peatonales y ciclorrutas, elementos no estructurales
	Perú	NTP 400.053	Agregados reciclados de residuos provenientes de concreto	Elaboración de elementos no estructurales
		E.060		
Brasil	ABNT NBR 15116	Agregados reciclados de residuos sólidos de la construcción	Pavimentación y preparación de concreto sin función estructural	

Nota. Fuente: Investigación teórica. Elaboración propia. 2022

1.2.7.1 España

Conforme a la Guía Española de Áridos Reciclados (GEAR) procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD), elaborada en el periodo 2008-2011, en el marco de proyectos

de desarrollo experimental del plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, como iniciativa de la asociación Española GERD (Gestores de Residuos de Construcción y Demolición), los agregados reciclados procedentes de los RCD se clasifican en cinco categorías, tal y como se muestra en la Tabla 26 (Rosero Alvarez, 2019).

Tabla 26

Clasificación de los agregados que provienen de (RCD) según la guía GEAR, España.

CATEGORÍA	TIPO DE AGREGADO	DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS	USOS PERMITIDOS (Clases 1, 2 y 3)
ARH	Áridos reciclados de hormigón	90% mínimo de hormigón o piedra natural (sin mortero adherido) 10% máximo de material cerámico 5% máximo de asfalto 1% máximo de materiales adicionales	Las clases 1, 2 y 3 incluyen solamente agregados tipo ARH, ARMh y ARMc
ARMh	Áridos reciclados mixtos de hormigón	70% mínimo de hormigón o piedra natural (sin alcanzar el 90%) 30% máximo de material cerámico 5% máximo de asfalto	Elementos Estructurales Reemplazo de hasta un 20% para la clase 1 con un f_c máximo de 30MPa
ARMc	Áridos reciclados mixtos cerámicos	70% máximo de hormigón o piedra natural 30% mínimo de material cerámico (sin alcanzar el 70%) 5% máximo de asfalto 1% máximo de materiales adicionales	Elementos No Estructurales Reemplazo de hasta 100% para las clases 1 y 2 con un f_c máximo de 20MPa Reemplazo de hasta 100% para clase 3 hormigón de limpieza
ARC	Áridos reciclados cerámicos	70% mínimo de material cerámico. 5% máximo de asfalto 1% máximo de materiales adicionales	No tiene restricción por clase de exposición
ARMa	Áridos reciclados mixtos con asfalto	30% máximo de asfalto 1% máximo de materiales adicionales	

Notas: Adaptado de *guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (GERD, AIDICO, AITEMIN, & INTROMAC, 2011)*.

1.2.7.2 Alemania

De acuerdo a la norma DIN 4226-102:2017-08 Agregados reciclados para concreto de acuerdo con DIN EN 12620 - Parte 102: Ensayos de tipo y control de producción en fábrica; los agregados reciclados que provienen de RCD se clasifican en cuatro categorías como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27

Clasificación de los agregados que provienen de RCD, según la norma DIN 4226-102, Alemania.

CATEGORÍA	TIPO DE AGREGADO	DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS	USOS
T2	Residuos de concreto con mampostería	70% mínimo de concreto (sin exceder el 90%) 30% máximo de mampostería 3% máximo de materiales adicionales 1% máximo de asfalto. 1% máximo de materiales contaminantes 4% máximo de material fino. 0,8% máximo de sulfatos.. 0,04% máximo de cloruros.	
T3	Residuos de mampostería	20% máximo de concreto. 80% mínimo de mampostería cerámico. 5% máximo de materiales adicionales. 1% máximo de asfalto 1% máximo de materiales contaminantes 4% máximo de material fino 0,8% máximo de sulfatos 0,04% máximo de cloruros	Elementos Estructurales: (Prohibido en ligero o preesforzado) T1 y T2 reemplazo de hasta un 25% con f'c máximo de 30MPa T1 y T2 reemplazo de hasta un 35% con f'c máximo de 25MPa
T4	Residuos mixtos	80% mínimo de la mezcla concreto-mampostería 20% máximo de materiales adicionales 20% máximo de asfalto	Elementos No Estructurales: Todos los tipos reemplazo de hasta 100% en hormigones sin uso estructural pero que cumplan con exposición

1% máximo de materiales
contaminantes 4% máximo de
material fino
Sin límite de sulfatos
0,15% máximo de cloruros

Fuente: Norma alemana DIN 4226-102:2017-08, 2017.

1.2.7.3 Bélgica

Según las regulaciones de la norma PTV 406 Technical Prescription: “Recycled aggregates from construction and demolition waste” y la norma NBN EN 206:2013+A1:2016 Concrete - Specification, performance, production and conformity”, los agregados reciclados que proceden de los RCD se clasifican en tres categorías como refleja la Tabla.

Tabla 28

Clasificación de los agregados que provienen de RCD, según la norma NBN EN 206, Bélgica.

CATEGORÍA	TIPO DE AGREGADO	DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS	USOS
T1	Residuos de concreto	95% mínimo de concreto 10% máximo de mampostería 5% máximo de materiales adicionales 5% máximo de asfalto 0,5% máximo de materiales no minerales 0,5% máximo de materiales orgánicos	Elementos Estructurales T1 y T2 reemplazo con las siguientes características: 20% con f _c máximo de 25MPa (A la intemperie) 25% con f _c máximo de 30MPa (Al interior) 35% con f _c máximo de 20MPa (Al interior)
T2	Residuos de concreto y mampostería	40% mínimo de concreto (sin exceder el 90%) 10% mínimo de mampostería 10% máximo de materiales adicionales 5% máximo de asfalto 1% máximo de materiales no minerales 0,5% máximo de materiales orgánicos	Elementos No Estructurales T1, T2 y T3 reemplazo de hasta 100% con f _c máximo de 15MPa
T3	Residuos de mampostería	40% máximo de concreto 60% mínimo de mampostería	

10% máximo de materiales
adicionales 5% máximo de
asfalto
1% máximo de materiales no
minerales 0,5% máximo de
materiales orgánicos

Fuente: Norma belga (NBN EN206:2013+A1:2016, 2016).

1.2.7.4 Colombia

Con la clasificación inicial de los RCD utilizables para la construcción el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), por medio del contrato 791 de 2017, ha desarrollado las especificaciones técnicas generales IDU ET- publicada en el año 2018²; donde se plantea el uso de agregados reciclados que provienen del RCD para bases y subbases granulares para vías vehiculares y para subbases de vías peatonales y ciclovías, elementos no estructurales, etc. La clasificación propuesta se describe en la Tabla 29.

Tabla 29

Clasificación de los residuos de construcción y demolición (RCD) según IDU ET- publicada en el año 2018.

CATEGORÍA	TIPO DE AGREGADO	DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS	USOS PERMITIDOS
AR_BG	Áridos reciclados mixtos preferencia de hormigón con	65% mínimo de hormigón o piedra natural 35% máximo de mampostería 5% máximo de material bituminoso 1% máximo de vidrio 1% máximo de materiales adicionales 1 cm ³ /kg máximo de material flotante	Bases y Subbases granulares AR_BG se permite para bases de tránsito T1 AR_SBG se permite para subbases de tránsito T1, T2 y T3
AR_SBG	Áridos reciclados mixtos	50% mínimo de hormigón o piedra natural 50% máximo de mampostería 5% máximo de material bituminoso 1% máximo de vidrio 1% máximo de materiales adicionales 2 cm ³ /kg máximo de material flotante	AR_SBG_PEA se permite en subbases para vías

AR_SBG_PEA	Áridos reciclados mixtos con material bituminoso	con	35% mínimo de hormigón o piedra natural	peatonales, ciclorutas y andenes
			65% máximo de mampostería	
			30% máximo de material bituminoso	
			1% máximo de vidrio	
			1% máximo de materiales adicionales 2	
			cm ³ /kg máximo de material flotante	

Fuente: IDU - Pontificia Universidad Javeriana - Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2018. Elaboración propia.

1.2.7.5 Perú

De acuerdo a la norma técnica peruana NTP 400.053 Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Reciclaje de concreto de demolición y el reglamento nacional de edificaciones peruano Norma E.060 Concreto armado, el agregado grueso que es proveniente de la demolición de diferentes elementos o estructuras de concreto solo podrá ser utilizado únicamente para fines no estructurales, siempre y cuando estos cumplan todas las condiciones que se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30

Clasificación de los agregados gruesos que provienen del concreto triturado según NTP400.053 y norma E.060, Perú.

CATEGORÍA	TIPO DE AGREGADO	CARACTERISTICAS DEL CONCRETO TRITURADO	USOS PERMITIDOS
A			
T1	Concreto triturado	<p>Contenido mínimo de cemento en concretos con AGR=255kg/cm³</p> <p>Libre de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas Libre de sales, álcalis, materia orgánica</p> <p>Solo para elaborar concretos con f'c menores a 10 MPa</p>	<p>Elementos No Estructurales tales como ciclovías, cimientos, concreto simple masivo y rellenos no portantes.</p>

Fuente: Norma peruana NTP 400.053 (2014). Elaboración propia.

1.2.7.6 Brasil

Según la norma brasileña "ABNT NBR 15116 Agregados reciclados de residuos sólidos de la construcción - Utilización en pavimentación y preparación de concreto sin función estructural"; los agregados reciclados provenientes de los RCD se clasifican en cuatro categorías: A, B, C y D.

En este caso, la clase A comprende todos los materiales que son obtenidos de la demolición y construcción de obras civiles como cerámica, pavimento, concreto y demás constituyentes de las construcciones, el cual se dividen en tres categorías, como se puede observar en la Tabla 31.

Tabla 31

Clasificación de los agregados que provienen de RCD, según la norma ABNT NBR 15116, Brasil.

CATEGORÍA	TIPO DE AGREGADO	DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS	USOS PERMITIDOS
ARC	Fragmentos a base de cemento portland o rocas	90% mínimo de hormigón o rocas 7% máximo de absorción 1% máximo de cloruros 1% máximo de sulfatos	Elementos No Estructurales
		2% máximo de materiales no minerales 2% máximo de terrones de arcilla 3% máximo de contaminantes 10% máximo de material fino 90% máximo de hormigón o rocas 12% máximo de absorción	ARC o ARM reemplazo de hasta 100% en hormigones para rellenos, contrapiso, calzadas y fabricación de artefactos no estructurales, como bloques de sellado, alambre, guías, canales, muros y placas de muro.
ARM	Fragmentos a base de cemento portland o rocas	1% máximo de cloruros 1% máximo de sulfatos 2% máximo de materiales no minerales 2% máximo de terrones de arcilla	En todos los casos f_c mínimo de 10MPa y máximo de 15MPa

Clase A	Residuos de pavimeto y suelos procedentes de la tierra	3% máximo de contaminantes	Pavimentos
		10% máximo de material fino	
		- 2% máximo de sulfatos	Capas de refuerzo del subsuelo, subbase y base de pavimentación o revestimiento primario de vías no pavimentadas
		- 2% máximo de materiales no minerales similares 3% máximo de materiales no minerales no similares	

Fuente: Norma brasilera ABNT NBR 15116, 2004.

Las normas como los casos de estudio analizados, muestran las diferentes resistencias a la compresión que pueden tener los bloques, tanto los realizados con RCD y los que tienen como base el hormigón. En Europa las normas para elaboración de mampostería no estructural con RCD cerámico se encuentra entre el 30 % al 100 % de reutilización de RCD, con un máximo de resistencia a la compresión de 20 Mpa, en el caso de España, seguido de Alemania que utiliza entre el 20 % al 100 % de agregado RCD, para obtener hasta 25 Mpa máximo, mientras que Bélgica para mampostería no estructural utiliza del 40 % al 100 % de RCD, con una resistencia máxima de 15 Mpa. En cuanto a las normas para mampostería no estructural en Latino América, Colombia utiliza entre el 50 % al 100 % de RCD, con una resistencia de 20 Mpa, en Perú se puede utilizar hasta el 100 % del RCD, para una resistencia no menor a 10 Mpa, mientras que en Brasil se puede reemplazar el 100 % de RCD, que no sea mayor a los 15 Mpa, ni menor a los 10 Mpa.

De estos datos se puede deducir que, con los materiales realizados con residuos, si pueden llegar a tener la resistencia a la compresión establecida en la normativa tanto nacional como internacional, llegando en algunos casos hasta tener resistencias superiores establecidas a las normas ecuatoriana.

Para el presente estudio se ha decidido que la resistencia deseable a obtener en la ejecución del material será de 3.5 – 4.00 Mpa. Esto en virtud de que este valor cumple con la norma NTE INEN 3066, lo que permite obtener un mampuesto de tipo no estructural. Estos valores también se proponen en vista de que las resistencias a la compresión alcanzadas en los casos de estudio, son similares a lo establecido en las normas, por lo que se sabe de antemano que se es posible alcanzar valores óptimos con materiales realizados a base de RCD.

CAPÍTULO II

Materiales y métodos de ensayos

En el desarrollo de esta investigación ha sido necesario aplicar los distintos métodos y ensayos estipulados en las normativas INTE INEN y ACI, quienes determinan las características y propiedades de los materiales utilizados, así como, el cálculo de la dosificación en las mezclas. Por ello, estos estudios están encaminados en comprobar la viabilidad en la elaboración de bloques de hormigón no estructurales con agregados reciclados de mamposterías de ladrillos procedentes de los residuos de construcción y demolición.

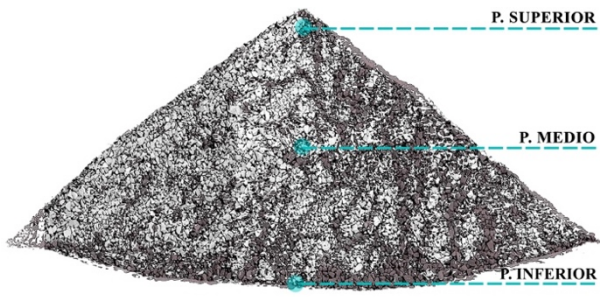
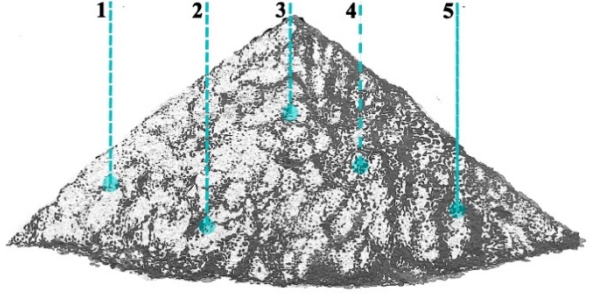
2.1 Investigación experimental de los agregados finos y gruesos

2.1.1 Obtención de muestras de áridos finos y gruesos

En los agregados utilizados para la fabricación de bloques de hormigón, se aplicaron los procesos de recolección de áridos según la Norma NTE INEN 695 (2010), que permite tener muestras preliminares para la aplicar los ensayos, determinando su rechazo o aceptación de la fuente de suministro y de esta manera obtener un adecuado control de la materia prima. como se indica en la Tabla 32.

Tabla 32

Obtención de muestras de los áridos fino y grueso.

Obtención de muestras de áridos finos y gruesos	
NTE INEN 695 /ASTM D 75-03	
Procedimiento	
<p>Para recolectar las muestras de una pila de áridos gruesos, se debe tomar tres porciones, de las cuales deben ser tomadas de la parte superior, parte media y parte inferior de toda la pila del árido, para conformar la muestra.</p> <p>En cuanto al árido fino, se toman como mínimo cinco porciones al azar que conformen la muestra y se debe retirar la capa superior para evitar el material segregado.</p>	
 <p>Recolección de árido grueso</p>	 <p>Recolección de árido fino</p>
Tamaño de las muestras	
<p>La cantidad máxima de las muestras a obtener in situ, dependerá del nivel de precisión que se desea llegar y el número de ensayos que se emplearán. Con respecto a la cantidad mínima que se debe utilizar para las pruebas, en el Anexo 9 se indica que se deben utilizar en áridos finos de tamaños nominales de 2,30 mm una masa mínima de 10Kg y para áridos gruesos con tamaños nominales de 12.5 mm una masa mínima de 15Kg.</p>	
Transporte de las muestras	
<p>Las muestras obtenidas se transportaron en fundas de plástico para evitar la pérdida de los agregados y su contaminación. Además, que contienen su respectiva identificación y demás datos que facilitan su lectura y registro en los laboratorios.</p>	

2.1.2 Ensayo granulométrico en los áridos finos y gruesos.

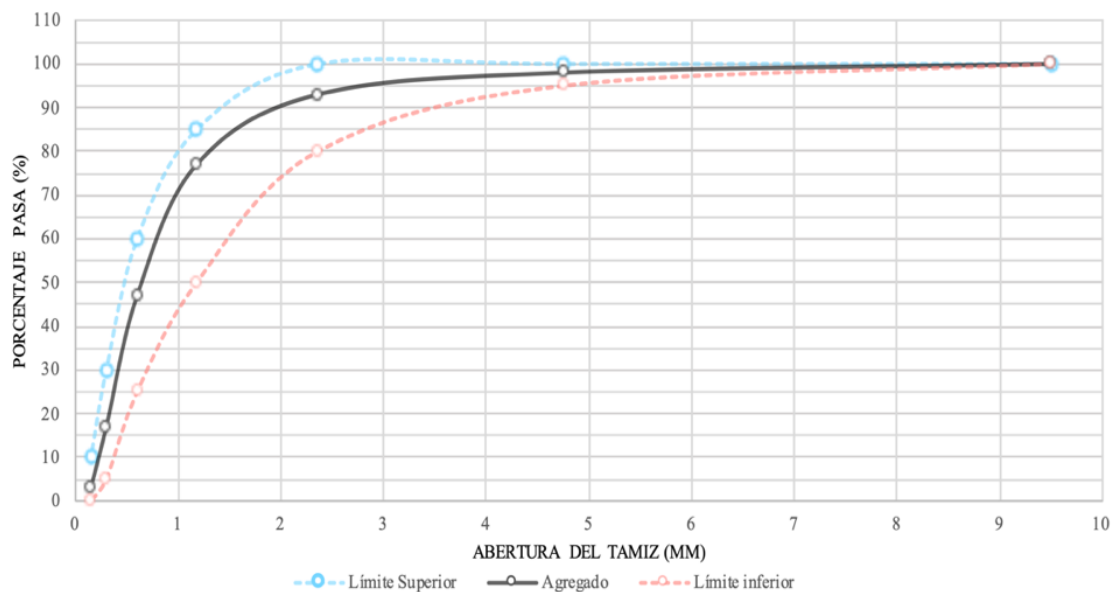
En este método de ensayo se determina la distribución granulométrica de los agregados, tanto finos como gruesos, a través de tamices de varias dimensiones, cuyas características se deben ajustar a los rangos aceptables de la normativa NTE INEN 696, proporcionando información para el control y regularización de los áridos (NTE INEN 696, 2011). A continuación, en las Tablas 33 y Tablas 34, se muestra los procesos y resultados obtenidos de las propiedades granulométricas de los áridos.

Tabla 33

Proceso y resultado de ensayos granulométricos del árido fino natural.

Ensayo granulométrico del árido fino NTE INEN 696 /ASTM C 136-05		
Procedimiento		
La cantidad de la muestra debe superar los 300g, en el cuál, se somete a una temperatura constante en el horno de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al estar seca la muestra, se procede a su tamizaje, de tal modo que sus tamices deben estar colocados de acuerdo a su grado de abertura, de arriba hacia abajo, para que las partículas del material pasen de manera homogénea. Finalmente se procede a determinar la masa de cada tamiz pasante, sin superar el 0,3% de pérdidas en relación con la muestra inicial seca, además, el porcentaje límites de gradación de los áridos pasantes deben cumplir la Anexo 2 de la norma NTE INEN 872, (2011) y su módulo de finura no debe ser superior que 3.1mm, ni menor que 2,3mm.		
Resultados		
Muestra	Peso inicial de muestra (kg) =	1.38kg
INEN 696	Tamaño nominal del agregado (mm) =	9.5mm
Resultados	Peso final de la muestra (kg) =	1.375 kg
INEN 872	Módulo de finura (mm) =	2.64mm
	Porcentaje de pérdidas (%) =	0,0038 %
	Cumplimiento NTE INEN 872 =	Cumple

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL ÁRIDO FINO

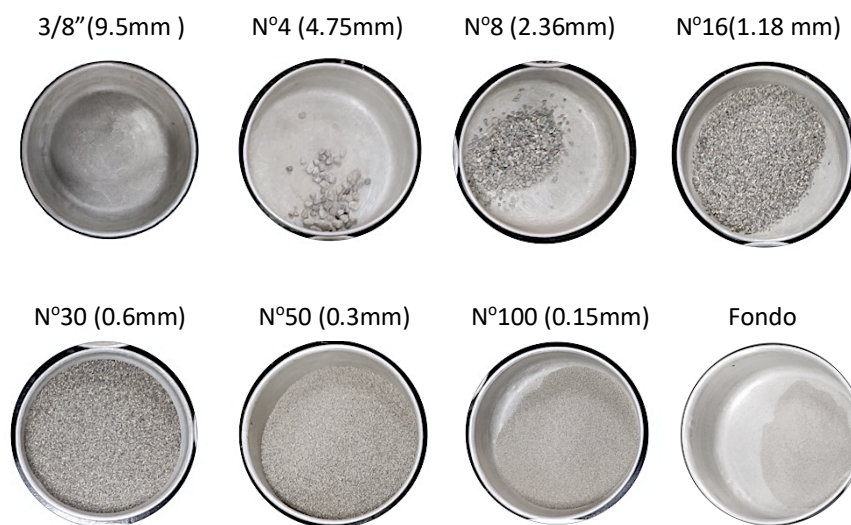


Evidencia fotográfica

Proceso de tamizado



Masa de cada tamíz pasante



Elaboración propia. 2022

Tabla 34

Proceso y resultado de ensayos granulométricos del árido grueso natural.

**Ensayo granulométrico del árido grueso
NTE INEN 696 /ASTM C 136-05**

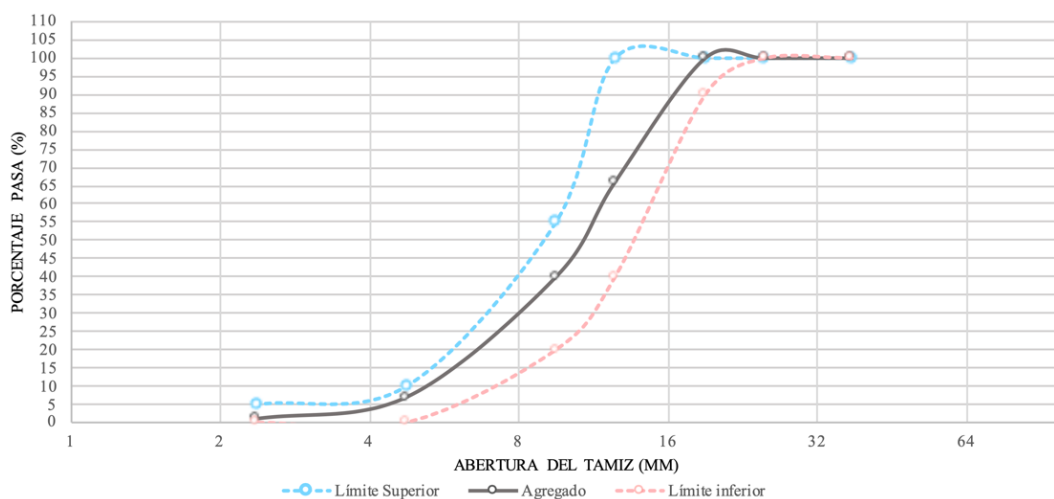
Procedimiento

La cantidad de la muestra ensayada se obtiene en base a la tabla 1 indicada en la norma NTE INEN 696, que debe ser superior a 2kg e inferior a 5kg, en el cuál, la muestra se somete a una temperatura constante en el horno de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al estar seca la muestra, se procede a su tamizaje, de tal modo que sus tamices deben estar colocados de forma decreciente según el tamaño de abertura, de arriba hacia abajo, para que las partículas del material se filtren de manera homogénea. Finalmente, se procede a determinar la masa de cada tamiz pasante, sin superar el 0,3% de pérdidas en relación con la muestra inicial seca, además, el porcentaje límites de gradación de los áridos pasantes deben cumplir la Anexo 5 de la norma NTE INEN 872, (2011).

Resultados

Muestra INEN 696	Peso inicial de muestra (kg) =	3.500kg
	Tamaño máximo del agregado (mm) =	19 mm
	Tamaño nominal del agregado (mm) =	12.5mm
Resultados INEN 872	Peso final de la muestra (kg) =	3.496 kg
	Porcentaje de pérdidas (%) =	0,001 %
	Cumplimiento NTE INEN 872 -ASTM 33 =	Cumple

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL ÁRIDO GRUESO NATURAL



Evidencia fotográfica

Proceso de tamizado



Masa de cada tamíz pasante

1-1/2" (37.5mm)



1" (25mm)



3/4" (19mm)



1/2" (12.5mm)



3/8" (9.5mm)



N°4 (4.75mm)



N°8 (2.36mm)



Fondo



Elaboración propia. 2022

2.1.3 *Ensayo de contenido de humedad de áridos finos y gruesos.*

Este ensayo determina el contenido de humedad (agua) que se evapora en la muestra normalizada de los áridos al ser colocado al horno con una temperatura controlada hasta eliminar todo porcentaje de humedad, tanto superficial como la que se encuentra dentro de los poros de los especímenes. (NTE INEN 862, 2011). En las Tablas 35 y Tablas 36 se muestran los resultados y los procesos para determinar el contenido de humedad de los agregados.

Tabla 35

Proceso y resultado de ensayos de contenido de humedad del árido fino natural.

Ensayo de contenido de humedad del árido fino		
NTE INEN 862 / ASTM D 2216-98		
Procedimiento		
<p>Las muestras deben ser preservadas y transportadas, evitando la luz solar de acuerdo con la norma NTE INEN 695 (2010). La cantidad de la muestra debe superar los 1.5 kg en relación al tamaño nominal del árido que se menciona en Anexo 16 de la norma NTE INEN 862 (2011). Determinar la masa de la muestra húmeda y del recipiente, para luego ser colocado en el horno de secado a una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo de 24h. Luego que el material ha sido secado a temperatura constante, se procede a extraer al recipiente del horno hasta que se pueda manipular y determinar su masa.</p>		
Resultados		
Muestra	Tamaño nominal del agregado (mm) =	9.5mm
	Masa de la muestra original (W) =	4.48 kg
	Masa de la muestra seca (D) =	4.19 kg
Resultados	Contenido total de humedad evaporable (P) =	7,97 %
	$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$	
Evidencia fotográfica		

Ensayo de humedad del árido fino.

Árido húmedo



Colocación al horno






Árido seco



Tabla 36

Proceso y resultado de ensayos de contenido de humedad del árido grueso natural.

Ensayo de contenido de humedad del árido grueso NTE INEN 862 / ASTM D 2216-98		
Procedimiento		
<p>Las muestras deben ser preservadas y transportadas, evitando la luz solar de acuerdo con la norma NTE INEN 695. La cantidad de la muestra debe superar los 2kg en relación al tamaño nominal del árido que se menciona en Anexo 15 de la norma NTE INEN 862. Determinar la masa de la muestra húmeda y del recipiente, para luego ser colocado en el horno de secado a una temperatura constante de 110 °C ± 5 °C durante un tiempo de 24h. Luego que el material ha sido secado a temperatura constante, se procede a extraer el recipiente del horno hasta que se pueda manipular y determinar su masa.</p>		
Resultados		
Muestra	Tamaño nominal del agregado (mm) =	12.5 mm
	Masa de la muestra original (W) =	3.312 kg
	Masa de la muestra seca (D) =	3.298 kg
Resultados	Contenido total de humedad evaporable (P) =	1.35 %
	$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$	
Evidencia fotográfica		
Ensayo de humedad del árido grueso.		
<p>Saturación de árido</p> 	<p>Colocación al horno</p> 	<p>Árido seco</p> 

Elaboración propia. 2022

2.1.4 *Ensayo de masa unitaria (Peso Volumétrico) y porcentaje de vacíos de los áridos fino y grueso.*

Al respecto de este ensayo, consiste en determinar la densidad total de una unidad de volumen de árido en estado seco, en un determinado nivel de consolidación y, además, determina el porcentaje de vacío de aire entre las partículas del árido y su absorción, expresado en Kg/m³. Se debe considerar que los resultados obtenidos en este ensayo, son necesarios para una adecuada dosificación proporcionada del árido utilizado en las mezclas de concreto hidráulico (NTE INEN 858, 2010). En las Tablas 37 y Tablas 38, se muestran los resultados y los procesos para determinar el peso volumétrico y porcentaje de vacíos de los áridos.

Tabla 37

Proceso y resultado de ensayos del peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido fino natural.

Ensayo de peso volumétrico y porcentaje de vacíos de los áridos finos		
NTE INEN 858 / ASTM C 29-97		
Procedimiento		
<p>Para realizar este ensayo se debe considerar que en base al tamaño nominal máximo del árido fino, se establece el volumen del molde a utilizar para determinar el peso unitario. Dichas características y espesor del molde se encuentran en Anexo 15 de la normativa NTE INEN 858. A continuación, se realiza el procedimiento por varillado, que consiste en incorporar el agregado en el molde y cubrir con tres capas de igual altura; cada capa es compactada por medio de la aplicación de 25 golpes uniformemente distribuidos sobre su superficie con una varilla de acero, nivelando con una enrasadora de tal forma que ninguna partícula sobresalga. Posteriormente se pesa el molde con los agregados y se realiza los cálculos según las fórmulas indicadas en la normativa.</p>		
Resultados		
Muestra de árido fino compactado	Tamaño nominal del agregado (mm) =	9.5 mm
	Masa del árido compactado más el molde (G) =	10.61 kg
	Masa del molde (T) =	6.10 kg
	Volúmen de molde (V) =	0,00295 m ³

Resultados de árido fino compactado	Masa unitaria (Peso volumétrico) compactado del árido (Mc) = $Mc = \frac{Gc - T}{V} =$	1526,67 Kg/m³
Muestra de árido fino suelto	Tamaño nominal del agregado (mm) = Masa del árido suelta más el molde (G) = Masa del molde (T) = Volúmen de molde (V) =	9.5 mm 10.61 kg 6.10 kg 0,00295 m ³
Resultados de árido fino suelto	Masa unitaria (Peso volumétrico) suelto del árido (Ms) = $Ms = \frac{Gs - T}{V} =$	1416,67 Kg/m³

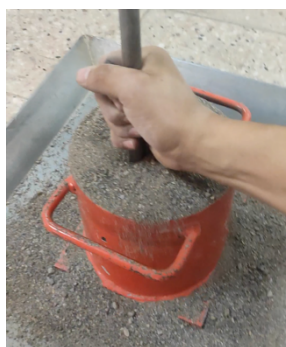
Evidencia fotográfica

Ensayo de peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido fino.

Compactación 2^{da} capa



Compactación 3^{ra} capa



Peso del árido fino



Elaboración propia. 2022

Tabla 38

Proceso y resultado de ensayos del peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso natural.

Ensayo de peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso NTE INEN 858 / ASTM C 29-97

Procedimiento

Para realizar este ensayo se debe considerar que en base al tamaño nominal máximo del árido fino, se establece el volumen del molde a utilizar para determinar el peso unitario. Dichas características y espesor del molde se encuentran en la Anexo 14 de la normativa NTE INEN 858. A continuación, se realiza el procedimiento por varillado, que consiste en incorporar el agregado en el molde y cubrir con

tres capas de igual altura; cada capa es compactada por medio de la aplicación de 25 golpes uniformemente distribuidos sobre su superficie con una varilla de acero, nivelando con una enrasadora de tal forma que ninguna partícula sobresalga. Posteriormente se pesa el molde con los agregados y se realiza los cálculos según las fórmulas indicadas en la normativa.

Resultados

Muestra de árido grueso compactado	Tamaño nominal del agregado (mm) =	12.5 mm
	Masa del árido compactado más el molde (G) =	28,36 kg
	Masa del molde (T) =	14.91 kg
	Volúmen de molde (V) =	0,00957 m ³
Resultados de árido grueso compactado	Masa unitaria (Peso volumétrico) compactado del árido (Mc) = $M_c = \frac{G_c - T}{V}$	1406,67 Kg/m³
Muestra de árido grueso suelto	Tamaño nominal del agregado (mm) =	12.5 mm
	Masa del árido suelta más el molde (G) =	27.69 kg
	Masa del molde (T) =	14.91kg
	Volúmen de molde (V) =	0,00957 m ³
Resultados de árido grueso suelto	Masa unitaria (Peso volumétrico) suelto del árido (Ms) = $M_s = \frac{G_s - T}{V}$	1336,67 Kg/m³

Evidencia fotográfica

Ensayo de peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso.

Compactación 2^{da} capa



Compactación 3^{ra} capa



Nivelación superficial



2.1.5 Ensayo de densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.

Este método de ensayo examina la capacidad física de los agregados finos, considerando que todos los áridos son porosos hasta cierto punto, lo que posibilita el ingreso de agua por sus poros, proporcionando que el árido esté húmedo tanto en el exterior como en su interior, generando cambios en la masa de los agregados debido al agua absorbida (NTE INEN 857, 2010). En la Tabla 39 y Tabla 40, se muestran los resultados y los procesos para determinar la densidad, densidad relativa y absorción de los áridos.

Tabla 39

Proceso y resultado de ensayos de densidad, densidad relativa y absorción del árido fino natural.

Ensayo de densidad, densidad relativa y absorción de los áridos finos		
NTE INEN 858 / ASTM C 128-01		
Procedimiento		
La muestra se debe colocar al horno de secado una temperatura de 110 ± 5 °C y al concluir el secado se sumerge en agua durante 24 ± 4 h, hasta que los poros se encuentren totalmente llenos, posteriormente se sustrae el agua superficial de las partículas del árido y se determina su masa.		
Resultados		
Muestra de árido fino	Masa de la muestra seca al horno (A) =	325,9 Gr
	Masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración (B) =	1207,32 Gr
	Masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración (C) =	1415,61 Gr
	Masa de muestra saturada superficialmente seca (S) =	352,65 Gr
Resultados de árido fino	Densidad relativa (Gravedad específica) (SSS) = $\frac{S}{B + S - C}$ =	2.44 kg/cm³
	Absorción = $\frac{(S - A)}{A} \times 100$ =	8.21 %

Evidencia fotográfica

Ensayo de densidad, densidad relativa y absorción de los áridos finos.

Saturado de la muestra



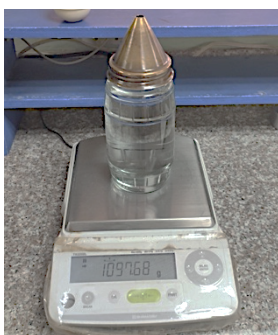
Sustracción de agua



Árido en estado SSS



Pignómetro + agua



Pignómetro + árido + agua



Peso de árido secado



Elaboración propia. 2022

Tabla 40

Proceso y resultado de ensayos de densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso natural.

**Ensayo de densidad, densidad relativa y absorción de los áridos grueso
NTE INEN 857 / ASTM C 127-15**

Procedimiento

La muestra se debe colocar al horno de secado una temperatura de 110 ± 5 °C y al concluir el secado se sumerge en agua durante 24 ± 4 h, hasta que los poros se encuentren totalmente llenos, posteriormente se sustrae el agua superficial de las partículas del árido y se determina su masa.

Resultados		
Muestra de árido grueso	Masa de la muestra seca al horno (A) =	2944 Gr
	Masa al aire de la muestra superficialmente seca (B)=	3000 Gr
	Masa aparente de la muestra saturada en agua (C) =	1871 Gr
Resultados de árido grueso	Densidad relativa (Gravedad específica) (SSS) = $\frac{B}{B - C} =$	2.66 kg/cm³
	Absorción = $\frac{(B - A)}{A} \times 100 =$	1,9 %

Evidencia fotográfica

Ensayo de densidad, densidad relativa y absorción de árido grueso.

Sustracción de agua



Masa aparente + agua



Masa secado al horno



Elaboración propia. 2022

2.2 Investigación experimental de los agregados RCD de mamposterías de ladrillos

Los materiales obtenidos del proceso de recolección de RCD fueron evaluados y analizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues, para determinar las propiedades físicas y mecánicas del RCD de mampostería de ladrillo, estableciendo un proceso viable en la dosificación y fabricación del nuevo mampuesto. Los ensayos implementados en los agregados de RCD, son los establecidos en la normativa ecuatoriana NTE INEN 3066 (Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo), considerado a los agregados de RCD, como cualquier otro árido convencional.

2.2.1 Obtención de muestras de áridos gruesos de los RCD de mampostería de ladrillos

En los agregados utilizados para la fabricación de bloques de hormigón, se aplicaron los procesos de recolección de áridos según la Norma NTE INEN 695 (2010), que permite tener muestras preliminares para la aplicar los ensayos, determinando su rechazo o aceptación de la fuente de suministro y de esta manera obtener un adecuado control de la materia prima como se indica en la Tabla 41.

Tabla 41

Obtención de muestras del árido grueso de RCD de mampostería de ladrillo.

Obtención de muestras de RCD de mampostería de ladrillo

NTE INEN 695 /ASTM D 75-03

Para obtener un adecuado resultado y evitar la contaminación por agentes externos que puedan descartar los resultados de las pruebas realizadas en los laboratorios, se seleccionaron las obras en proceso de construcción y demolición en ejecución activa y se procedió a recolectar los RCD en recipientes metálicos, de manera que se clasificaron por sus características y de esta manera se evitó la mezcla con otros materiales

Procedimiento



Tamaño de las muestras

Para obtener el tamaño establecido por la normativa se procedió a triturar de forma manual los ladrillos y tamizar hasta lograr partículas pasantes entre el tamiz N° 8 y N° 1/2".



Transporte de las muestras

Las muestras obtenidas se transportaron en recipientes de funda para evitar la pérdida de los agregados y su contaminación, con sus respectivas identificaciones y demás datos que facilitan su lectura y registro en los laboratorios. Posteriormente se almacenaron en tanques metálicos para su trituración y de esta manera generar los áridos gruesos de mampostería de ladrillo (ARM).

Elaboración propia. 2022

2.2.2 Ensayo granulométrico en los áridos gruesos de RCD de mampostería de ladrillo.

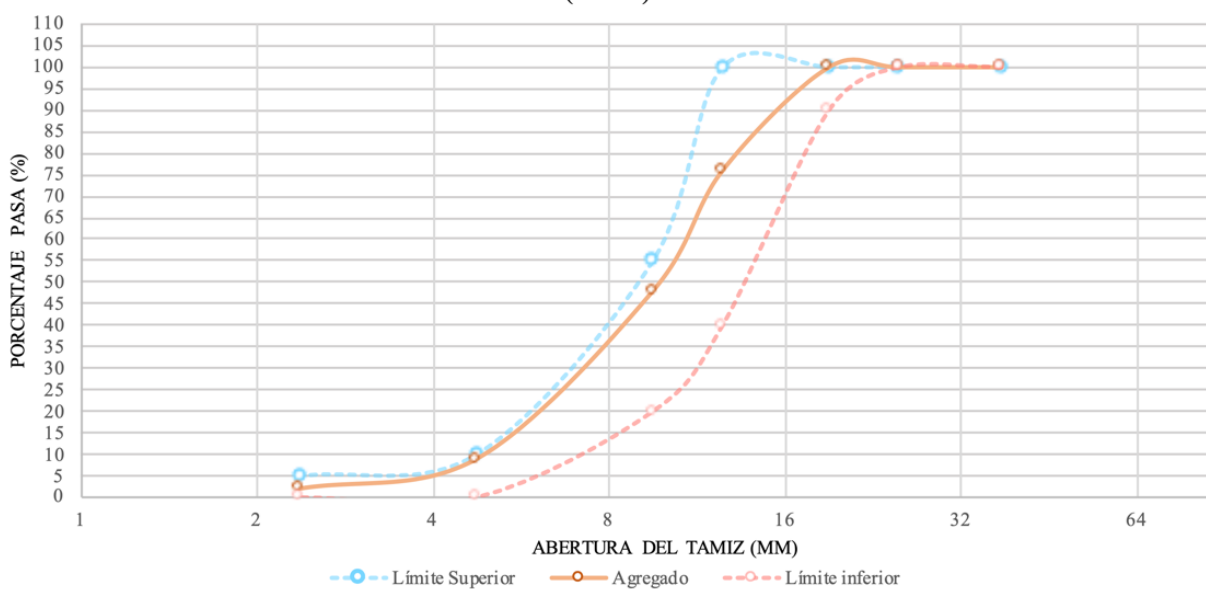
En este método de ensayo se determina la distribución granulométrica de los agregados, tanto finos como gruesos, a través de tamices de varias dimensiones, cuyas características se deben ajustar a los rangos aceptables de la normativa NTE INEN 696, proporcionando información para el control y regularización de los áridos. A continuación, en la Tabla 42 se muestra los procesos y resultados obtenidos de las propiedades granulométricas de los áridos.

Tabla 42

Proceso y resultado de ensayos granulométricos del árido grueso RCD.

Ensayo granulométrico del árido RCD		
NTE INEN 696 /ASTM C 136-05		
Procedimiento		
El proceso del presente ensayo es similar al realizado para los agregados de áridos naturales descritos anteriormente en la Tabla 35.		
Resultados		
Muestra INEN 696	Peso inicial de muestra (kg) =	4.500kg
	Tamaño máximo del agregado (mm) =	19 mm
	Tamaño nominal del agregado (mm) =	12.5mm
Resultados INEN 872	Peso final de la muestra (kg) =	4.494 kg
	Porcentaje de pérdidas (%) =	0,001 %
	Cumplimiento NTE INEN 872 -ASTM 33 =	Cumple

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL ÁRIDO GRUESO DE RESIDUO DE MAMPOSTERÍA (ARM)



Evidencia fotográfica

Masa de cada tamíz pasante.

Homogenización de ARM



1-1/2" (37.5mm)

1" (25mm)

3/4" (19mm)

1/2" (12.5mm)



Proceso de tamizado



3/8" (9.5mm)

Nº4 (4.75mm)

Nº8 (2.36mm)

Fondo



Elaboración propia. 2022

2.2.3 *Ensayo de contenido de humedad de áridos gruesos de RCD de mampostería de ladrillo*

Este ensayo determina el contenido de humedad (agua) que se evapora en la muestra normalizada de los áridos al ser colocado al horno con una temperatura controlada hasta eliminar todo porcentaje de humedad, tanto superficial como la que se encuentra dentro de los poros de los especímenes (NTE INEN 862, 2011).

A continuación, en la Tabla 43 se muestra los procesos y resultados obtenidos de las propiedades granulométricas de los áridos.

Tabla 43

Proceso y resultado de ensayos de contenido de humedad del árido grueso de RCD de mampostería de ladrillo.

Ensayo de contenido de humedad del árido grueso RCD NTE INEN 862 / ASTM D 2216-98		
Procedimiento		
El proceso del presente ensayo es similar al realizado para los agregados de áridos naturales descritos anteriormente en la Tabla 36.		
Resultados		
Muestra	Tamaño nominal del agregado (mm) =	12.5 mm
	Masa de la muestra original (W) =	1003.66 kg
	Masa de la muestra seca (D) =	869.33 kg
Resultados	Contenido total de humedad evaporable (P) =	15,47 %
	$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$	
Evidencia fotográfica		

Ensayo de humedad del árido grueso.



Elaboración propia. 2022

2.2.4 *Ensayo de masa unitaria (Peso Volumétrico) y porcentaje de vacíos de los áridos gruesos de RCD de mampostería de ladrillo.*

Al respecto de este ensayo, consiste en determinar la densidad total de una unidad de volumen de árido en estado seco, en un determinado nivel de consolidación y, además, determina el porcentaje de vacíos de aire entre las partículas del árido y su absorción, expresado en Kg/m³. Se debe considerar que los resultados obtenidos en este ensayo, son necesarios para una adecuada dosificación proporcionada del árido utilizado en las mezclas de concreto hidráulico (NTE INEN 858, 2010).

A continuación, en la Tabla 44 se muestra los procesos y resultados obtenidos del peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso RCD.

Tabla 44

Proceso y resultado de ensayos del peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso RCD de mampostería de ladrillo.

Ensayo de peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso RCD NTE INEN 858 / ASTM C 29-97		
Procedimiento		
El proceso del presente ensayo es similar al realizado para los agregados de áridos naturales descritos anteriormente en la Tabla 37.		
Resultados		
	Tamaño nominal del agregado (mm) =	12.5 mm
Muestra de árido grueso compactado	Masa del árido compactado más el molde (G) =	9.31 kg
	Masa del molde (T) =	6.104 kg
	Volúmen de molde (V) =	0,00295 m ³
Resultados de árido grueso compactado	Masa unitaria (Peso volumétrico) compactado del árido (Mc) = $Mc = \frac{Gc - T}{V} =$	1086,67 Kg/m³

Muestra de árido grueso suelto	Tamaño nominal del agregado (mm) =	12.5 mm
	Masa del árido suelta más el molde (G) =	6.104 kg
	Masa del molde (T) =	14.91kg
	Volúmen de molde (V) =	0,00295 m ³
Resultados de árido grueso suelto	Masa unitaria (Peso volumétrico) suelto del árido (Ms) =	993.33 Kg/m³
	$M_s = \frac{G_s - T}{V} =$	

Evidencia fotográfica

Ensayo de peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso.

Homogenización del ARM



Compactación 3^{ra} capa



Peso de masa de ARM



Elaboración propia. 2022

2.2.5 Ensayo de densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso de residuos de mampostería de ladrillo (ARM).

Este método de ensayo examina la capacidad física de los agregados finos, considerando que todos los áridos son porosos hasta cierto punto, lo que posibilita el ingreso de agua por sus poros, proporcionando que el árido esté húmedo tanto en el exterior como en su interior, generando cambios en la masa de los agregados debido al agua absorbida (NTE INEN 857, 2010).

A continuación, en la Tabla 45 se muestra los procesos y resultados obtenidos del peso volumétrico y porcentaje de vacíos del árido grueso RCD.

Tabla 45

Proceso y resultado de ensayos de densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso RCD

Ensayo de densidad, densidad relativa y absorción de los áridos grueso RCD NTE INEN 857 / ASTM C 127-15		
Procedimiento		
El proceso del presente ensayo es similar al realizado para los agregados de áridos naturales descritos anteriormente en la Tabla 40.		
Resultados		
Muestra del RCD	Masa de la muestra seca al horno (A) =	1824 Gr
	Masa al aire de la muestra superficialmente seca (B)=	2127 Gr
	Masa aparente de la muestra saturada en agua (C) =	1745 Gr
Resultados del RCD	Densidad relativa (Gravedad específica) (SSS) = $\frac{B}{B - C} =$	5.57 kg/cm³
	$\frac{(B - A)}{A} \times 100 =$ Absorción =	16.61 %

Evidencia fotográfica

Ensayo de densidad, densidad relativa y absorción de árido grueso.

Homogenización del ARM



Sustracción de agua



Saturación 24 H



Secado al horno



Agregado superficialmente seco



Peso ARM secado al horno



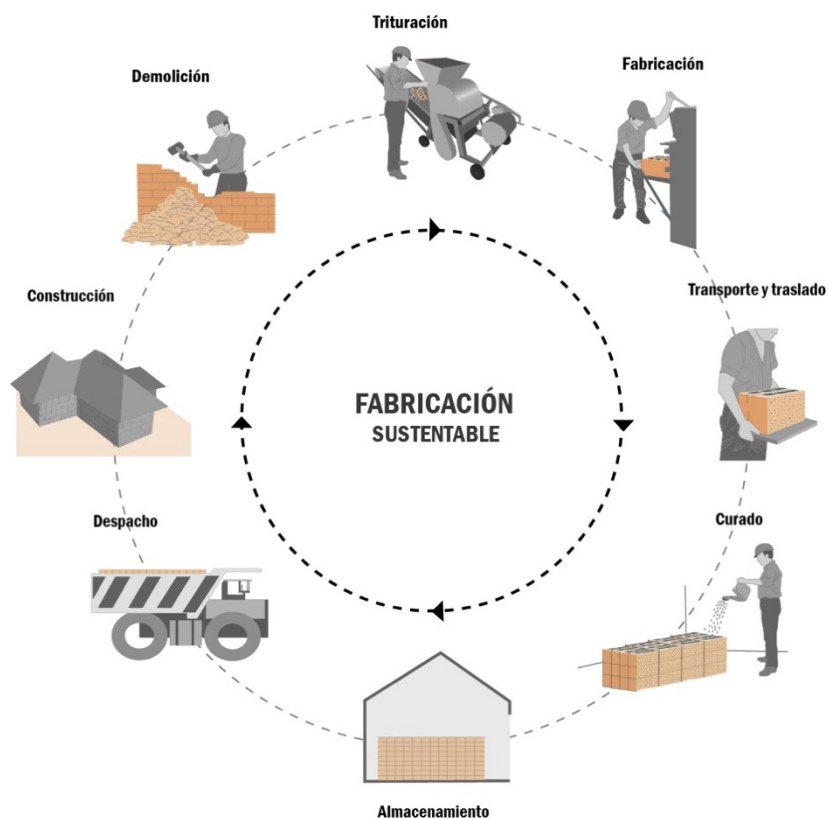
CAPÍTULO III

Fabricación de bloques, aplicación de ensayos, determinación de costos e interpretación de resultados

En el desarrollo de esta investigación ha sido necesario aplicar los distintos métodos y ensayos estipulados en las normativas INTE INEN 3066 y ACI, quienes determinan las características y propiedades de los materiales utilizados, así como, el cálculo de la dosificación en las mezclas. Por ello, estos estudios están encaminados en comprobar la viabilidad en la elaboración de bloques de hormigón no estructurales con agregados reciclados de mamposterías de ladrillos procedentes de los residuos de construcción y demolición.

Figura 8

Proceso sustentable de elaboración de bloques de cemento con RCD de mampostería de ladrillo.



Elaboración propia. 2022

3.1 Fabricación bloques de hormigón con agregados de RCD de mampostería de ladrillo.

En los agregados utilizados para la fabricación de bloques de hormigón, se aplicaron los procesos de recolección de áridos según la Norma NTE INEN 695 (2010), que permite tener muestras preliminares para la aplicar los ensayos, determinando su rechazo o aceptación de la fuente de suministro y de esta manera obtener un adecuado control de la materia prima. cómo se indica en el Anexo 1.

Para iniciar con la fabricación de los bloques, en primera instancia, es importante conocer la cantidad de materiales necesarios para la elaboración de un mampuesto, mediante la determinación de su volumen; luego, en base al resultado obtenido, se calcula la dosificación por unidad del mampuesto para finalmente ser multiplicado por 6, siendo este, el número de bloques necesarios a ser elaborados para la aplicación de los ensayos, según la INEN 3066; recalando además que esta es la dosificación del bloque patrón.

Posteriormente y en base a la dosificación del bloque patrón, se calcula la cantidad de materiales necesarios para la elaboración de cada uno de los mampuestos según el porcentaje de incorporación de los residuos de mampostería de ladrillo, siendo estos del; 25 %, 50 %, 75 % y 100%. En la tabla 46, se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 46

Volumen del bloque y dosificación de la mezcla, según el porcentaje de agregados de RCD de mampostería de ladrillo.

Volumen y dosificación de materiales por unidad de bloque								
Volumen					Dosificación por unidad			
Ancho	Largo	Alto	Pared	Tabique	Cemento	Agua	Árido fino	Árido grueso
15 cm	40 cm	20 cm	2,5 cm	1,9 cm	2.26 kg	1.79 lts	8.08 kg	5.95 kg
Volumen= 0.0073 m ³					Total = 18.08 kg			
Dosificación de materiales para 6 unidades								
	Cemento	Agua	Árido fino	Árido grueso	RCD			
	(kg)	(lts)	(kg)	(kg)	(kg)			
Bloque de hormigón (0% RCD)	13.58	10.74	48.46	35.72	-			
Bloque con 25% de RCD	13.58	10.74	48.46	26.79	8.93			
Bloque con 50% de RCD	13.58	10.74	48.46	17.86	17.86			
Bloque con 75% de RCD	13.58	10.74	48.46	8.93	26.79			
Bloque con 100% de RCD	13.58	10.74	48.46	-	35.72			

Elaboración propia. 2022

3.1.1 Elaboración de la mezcla de hormigón

En las fábricas se producen gran cantidad de bloques al día, por lo cual, estas emplean diversas máquinas para realizar todo el proceso de producción, aprovechando al máximo los recursos y el tiempo disponible.

El presente trabajo investigativo requiere cantidades menores a las que comúnmente manejan las grandes bloqueras, por lo tanto, el proceso de elaboración de la mezcla se realizará manualmente. En la Tabla 47 se describe el procedimiento para la elaboración del hormigón con residuos de ladrillo.

Tabla 47

Proceso de elaboración de la mezcla de hormigón con RCD de mampostería de ladrillo.

Pasos	Descripción
Preparación de materiales	Los materiales utilizados para la mezcla serán previamente preparados de acuerdo a la dosificación requerida.
Mezcla de materiales	Se homogenizan los agregados (residuo de ladrillo, graba y arena), a continuación, se agrega el cemento y se mezcla todos los materiales hasta integrarlos completamente. Finalmente, se agrega el agua hasta obtener una consistencia uniforme.
Ensayo de asentamiento	Se coloca la mezcla dentro del cono de Abrams en tres capas y se compacta cada una con 25 varilladas, se retiran los excesos y se nivela la superficie. Finalmente retira el molde y se determina el asentamiento.

Registro fotográfico

Preparación de materiales



Mezcla de materiales



Ensayo de asentamiento



3.1.2 Moldeado de bloques de cemento con RCD de mampostería de ladrillo.

El prensado del bloque se realiza por medio de la máquina vibro-compactadora, dependiendo del tipo, esta contendrá de 2 a 6 moldes hechos de metal, mediante el vibrado y compactado del material se obtiene la forma final del bloque.

Para el trabajo investigación, se utilizó la máquina de dos moldes y cuyo proceso de prensado se describe en la Tabla 48.

Tabla 48

Proceso de prensado de bloques de hormigón con RCD de mampostería de ladrillo.

Pasos	Descripción
Colocación del material	Se limpia y engrasa los moldes y el tablero donde se recibirán los bloques, se coloca y asegura el tablero en la base del molde. Con la máquina encendida se procede a colocar la mezcla en los moldes procurando que todos los espacios se llenen.
Vibro-compactación	En el proceso de aplicación de la vibración es importante observar con cuidado dos aspectos: la operación de la máquina y la duración de la vibración. Desde el punto de vista de la duración de la vibración, ésta debe estar entre 3 y 5 segundos, tiempo necesario y suficiente para que la mezcla alcance su mayor grado de compactación y los martillos alcancen el tope determinado para que los bloques queden siempre de la misma altura.
Desmolde	Transcurrido el tiempo de compactado se apaga la máquina y se levanta el molde dejando los bloques formados, en este punto se verifica que no existan grietas o segregación del material. Las bandejas, con los bloques que salgan en buen estado, se llevan a un lugar cubierto donde se dejan fraguar y adquieren una resistencia suficiente para ser manipulados.

Registro fotográfico

Colocación de material



Vibro-compactación



Desmolde



Elaboración propia. 2022

3.1.3 *Curado de bloques*

El proceso de curado tiene como objeto mantener unas condiciones suficientes de humedad y temperatura para que se pueda llevar a cabo la reacción química del cemento con el agua y, por lo tanto, la ganancia de resistencia del concreto.

El sistema de curado más frecuente es el que se hace mediante el riego de agua sobre los bloques o cubriéndolos con películas plásticas, de manera que se genere un ambiente hermético que evite que se evapore el agua de la mezcla. Este proceso se debe prolongar de 3 a 7 días después del fraguado de los bloques, tiempo durante el cual deberá permanecer en las mismas condiciones de protección de la acción del sol y del viento que durante el fraguado (ICPC, 1991).

Para el trabajo investigativo, el curado de los bloques se realizará hasta los 28 días, tiempo en el cual se estima alcanzar la resistencia deseada. El proceso de curado se describe en la Tabla 49.

Tabla 49

Proceso de curado de bloques con RCD de mampostería de ladrillo.

Pasos	Descripción
Secado inicial	Una vez desmoldado los bloques, se trasladan al área de secado que estará al aire libre y evitando la incidencia directa del sol, se rociará con agua la superficie de los bloques para evitar fracturas y garantizar un adecuado secado.
Curado	Transcurrido dos días desde su fabricación, los bloques se trasladarán al laboratorio de la UCACUE, donde estarán sumergidos en agua hasta los 28 días, de acuerdo a lo requerido para alcanzar la resistencia adecuada.
Registro fotográfico	

Secado inicial



Curado



Elaboración propia. 2022

3.2 Características físicas de los bloques de hormigón con agregados residuos de mampostería de ladrillo (ARM).

Este estudio se basa en mostrar las propiedades mecánicas y físicas que tienen los bloques elaborados con RCD de mampostería de ladrillos. Una vez cumplido el tiempo de curado de los

bloques, procedemos con la etapa de pruebas, mismas que están sustentadas en lo que establece la INEN 3066: 2012. Los ensayos realizados serán:




- Contenido de humedad
- Porcentaje de absorción
- Densidad y
- Resistencia.

3.2.1 *Porcentaje de absorción INEN 3066: 2016*

En la tabla 50 se describe el proceso para el ensayo del porcentaje de absorción.

Tabla 50

Ensayo de Porcentaje de Absorción de Bloques - INEN 3066: 2016

Proceso		
Se satura el bloque en agua por 24 horas, luego se lo sustrae y se determina su peso. Se elimina el exceso de agua superficial con un paño y se determina su peso. Por último, se seca el bloque en el horno por 24 horas a una temperatura de 110 a 115 °C y se obtiene su peso. Con los datos obtenidos se procede a efectuar los cálculos correspondientes para determinar el porcentaje de absorción.		
Resultados de los cálculos		
Diseño RCD con 0% de residuos: 4.94%	Diseño RCD con 75% de residuos: 12.69%	
Diseño RCD con 25% de residuos: 7.02%	Diseño RCD con 100% de residuos: 13,73%	
Diseño RCD con 50% de residuos: 9.07%		
Registro fotográfico		
Bloque saturado en agua	Bloque sin saturación	Bloque secado al horno
		




Elaboración propia. 2022

3.2.2 Contenido de humedad de bloques – INEN 3066: 2016

En la tabla 51 se describe el proceso para el ensayo de contenido de humedad de los bloques según la norma INEN 3066: 2016

Tabla 51

Ensayo del Contenido de Humedad de Bloques - INEN 3066: 2016

Proceso		
<p>Luego de haber sumergido el bloque por 24 horas, se lo su atrae del agua y se deja escurrir por un minuto, procuramos eliminar el exceso de agua superficial con un paño y determinamos su peso. Luego, secamos el bloque en el horno por 24 horas a una temperatura de 110 a 115 °C y se obtiene su peso. Con los datos obtenidos procedemos a efectuar los cálculos correspondientes para determinar el contenido de humedad.</p>		
Resultados de los cálculos		
Diseño RCD con 0% de residuos: 19.52%	Diseño RCD con 75% de residuos: 6.15%	
Diseño RCD con 25% de residuos: 13.5%	Diseño RCD con 100% de residuos: 5.28%	
Diseño RCD con 50% de residuos: 8.94%		
Registro fotográfico		
Bloque sin saturación de agua	Secado de bloque al horno	Bloque seco
		


Elaboración propia. 2022

3.2.3 Densidad de bloques – INEN 3066: 2016

En la tabla 52 se describe el proceso para el ensayo de densidad de los bloques según la norma INEN 3066: 2016

Tabla 52

Ensayo de Densidad de Bloques - INEN 3066: 2016

Proceso		
<p>Se sumerge el bloque en agua de 24 a 28 horas, determinamos su peso mientras este suspendido bajo el agua. Se sustrae el bloque del agua y dejamos escurrir por un minuto, procuramos eliminar el exceso de agua superficial y determinamos su peso. Por último, secamos el bloque en el horno por 24 horas a una temperatura de 110 a 115 °C y se obtiene su peso. Con los datos obtenidos procedemos a efectuar los cálculos correspondientes para determinar la densidad del bloque.</p>		
Resultados de los cálculos		
<p>Diseño ARM con 0% de residuos: 2460 Kg/m³ Diseño ARM con 75% de residuos: 2088 Kg/m³</p> <p>Diseño ARM con 25% de residuos: 2364 Kg/m³ Diseño ARM con 100% de residuos: 1930Kg/m³</p> <p>Diseño ARM con 50% de residuos: 2176 Kg/m³</p>		
Registro fotográfico		
<p>Bloque saturado en agua</p> 	<p>Bloque saturado más agua</p> 	<p>Secado de bloque al horno</p> 

Elaboración propia. 2022

3.2.4 Resistencia a la compresión - INEN 3066: 2016

La norma INEN 639: 2012 “Bloques huecos de hormigón. Muestreo y ensayos”, establece ciertos requerimientos para realizar el ensayo de compresión, entre estos están:

- Obtención de dimensiones.
- Datos necesarios para determinar la resistencia.
- Refrendado de superficie de contacto.
- Proceso que permite nivelar las áreas que tendrán contacto con la prensa hidráulica.

En la tabla 53 se define el proceso para realizar el ensayo de resistencia a la compresión del bloque.

Tabla 53

Ensayo de Resistencia a la Compresión del Bloque

Proceso inicial
Toma de dimensiones
Se toma las dimensiones del bloque; ancho, alto y largo; paredes y tabique; las tres primeras de dos caras opuestas y las dos últimas, del punto más delgado.
Refrentado con azufre
Se desintegra al azufre en un recipiente metálico hasta mantener su estado líquido con una temperatura entre 130 y 145 °C, A continuación, se llena el molde con azufre hasta una altura de 6 mm; se coloca rápidamente el bloque sobre el líquido, cuidando que este se mantenga perpendicular a la superficie; una vez solidificado se retira el mampuesto de la placa (Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 2619], 2012).
Ensayo de resistencia a la compresión
Rotura
En la prensa hidráulica se coloca sobre la base una placa metálica centrada de 45 cm de largo, 16 cm de ancho y 1,5 cm de espesor; se posiciona el bloque sobre la placa y comprobamos que esté centrado. Luego se coloca en la parte superior del bloque otra placa con las mismas características que la inferior y finalmente se aplica la carga. Con los datos de las dimensiones y la carga de rotura, se realizan los cálculos correspondientes

Resultados

Muestra del ARM	Área neta (cm ²) =	300 cm ²
	Volumen neto (cm ³)	7300 cm ³
Resultados de resistencia a la compresión 28 días	Diseño Agregado de Hormigón	6.7 Mpa
	Diseño ARM 25%	5.26 Mpa
	Diseño ARM 50%	4.71 Mpa
	Diseño ARM 75%	4.41 Mpa
	Diseño ARM 100%	4.25 Mpa

Registro fotográfico

Curado 7 y 28 días



Registro de masa y dimensiones



Refrendado



Nivelación



Enfriamiento



Calibración de prensa



Aplicación de carga



3.3 Interpretación de resultados

3.3.1 Características físicas de los bloques de cemento con RCD de mampostería de ladrillo

En la Tabla 54 se resumen los resultados obtenidos en los ensayos para la dosificación del hormigón, a qui se muestran las características físicas de los áridos evaluados y donde el agregado de residuos de ladrillo presenta una diferencia considerable en sus variables, esto debido a su composición arcillosa que permite una mayor absorción del agua.

En cuanto a la granulometría, existe variación en relación a la árida natural que es de mayor tamaño, sin embargo, Hincapié y Aguja (2003) hacen mención que los agregados de residuos son muy similares a los áridos naturales por lo cual podrán ser utilizados a pesar de sus ligeras diferencias.

Tabla 54

Valores de ensayos de los agregados para la dosificación de la mezcla del bloque de hormigón.

Característica	Árido fino	Árido grueso	Árido grueso RCD
Tamaño nominal	9,5 mm	12,5 mm	12,5 mm
Granulometría	Cumple INEN 872	Cumple INEN 872	Cumple INEN 872
Contenido de humedad	7,97 %	1,35 %	15,47 %
Peso suelto	1416,67 kg/m ³	1336,67 kg/m ³	993,33 kg/m ³
Peso compactado	1526,67 kg/m ³	1406,67 kg/m ³	1886,67 kg/m ³
Densidad relativa	2,44 kg/m ³	2,66 kg/m ³	5,57 kg/m ³
Porcentaje de absorción	8,21 %	1,90 %	16,61%

Elaboración propia. 2022

En la Norma NTE INEN 696 – ASTM C 136, se establece el método para determinar la granulometría del agregado grueso natural, misma que será utilizada para definir el agregado de residuos de ladrillo triturado, esto permitirá hacer comparaciones bajo las mismas circunstancias.

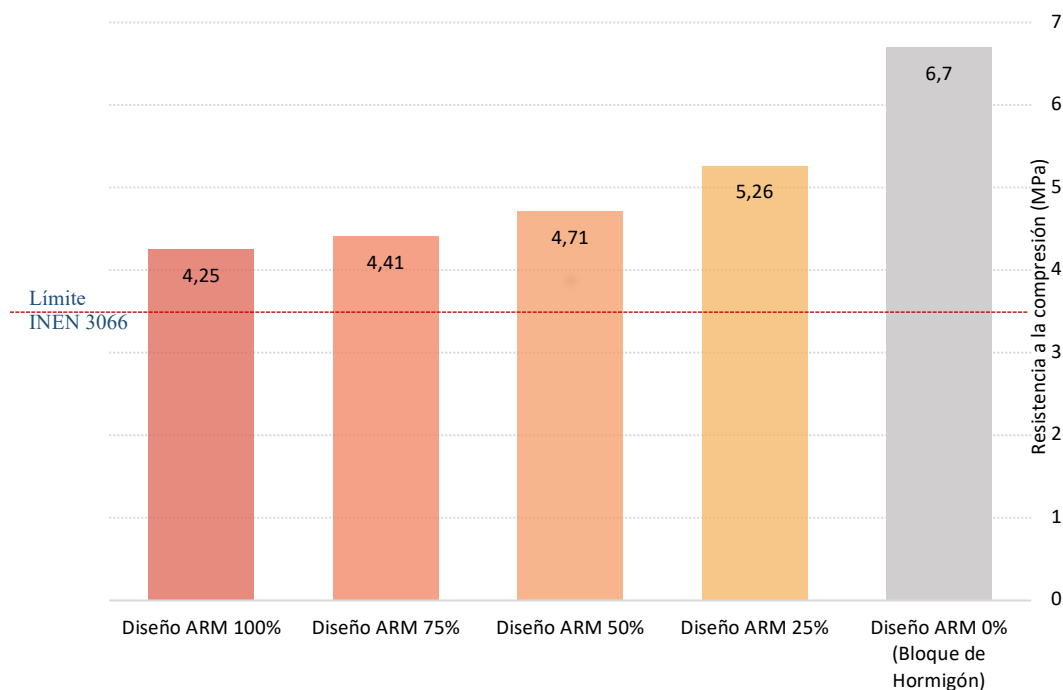
De acuerdo a la norma utilizada, se observa que el agregado grueso de residuos de ladrillo está dentro de los límites establecidos.

3.3.2 Resistencia a la compresión del bloque de hormigón con RCD.

Las variables analizadas dependerán de la dosificación utilizada para la fabricación del bloque. La resistencia aumenta al reducir el agregado de residuos de ladrillo, al tratarse de una dosificación proporcionada y sin modificar la cantidad de cemento, si la cantidad de agregado de ladrillo se reduce, se aumentará el agregado natural, y debido a que la graba tiene mayor resistencia que el ladrillo, aumentará la resistencia del bloque.

Figura 9

Valores promedio de resistencia a la compresión de los bloques.



En la figura 9 se observa que la resistencia de los hormigones reciclados (mezclas donde se han sustituido el agregado grueso por ladrillo triturado en porcentajes de: 25, 50, 75 y 100%)

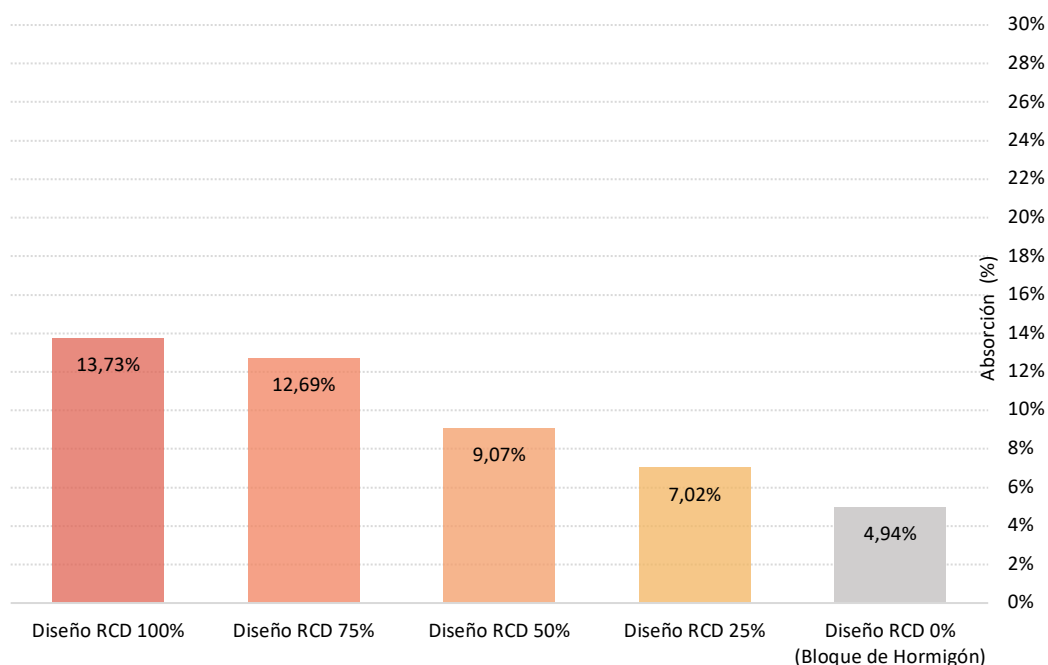
son adecuados; ya que de acuerdo a la norma NET INEN 3066, tienen una resistencia a la compresión superior a los 4 Mpa, considerados hormigones livianos, óptimos para elaborar elementos secundarios no estructurales para edificios y viviendas.

3.3.3 Absorción del bloque de hormigón con RCD.

En cuanto a la absorción, todos los aspectos analizados cumplen con la Norma INEN (2012), donde se establece como máximo el 15% de absorción. Con un contenido del 7,02% de residuos de ladrillo se obtuvieron los menores valores, cabe recordar que, en las evaluaciones de residuos por separado, el bloque fabricado con RCD tiene una gran diferencia en relación a los bloques convencionales.

Figura 10

Valores promedios de absorción de los bloques.

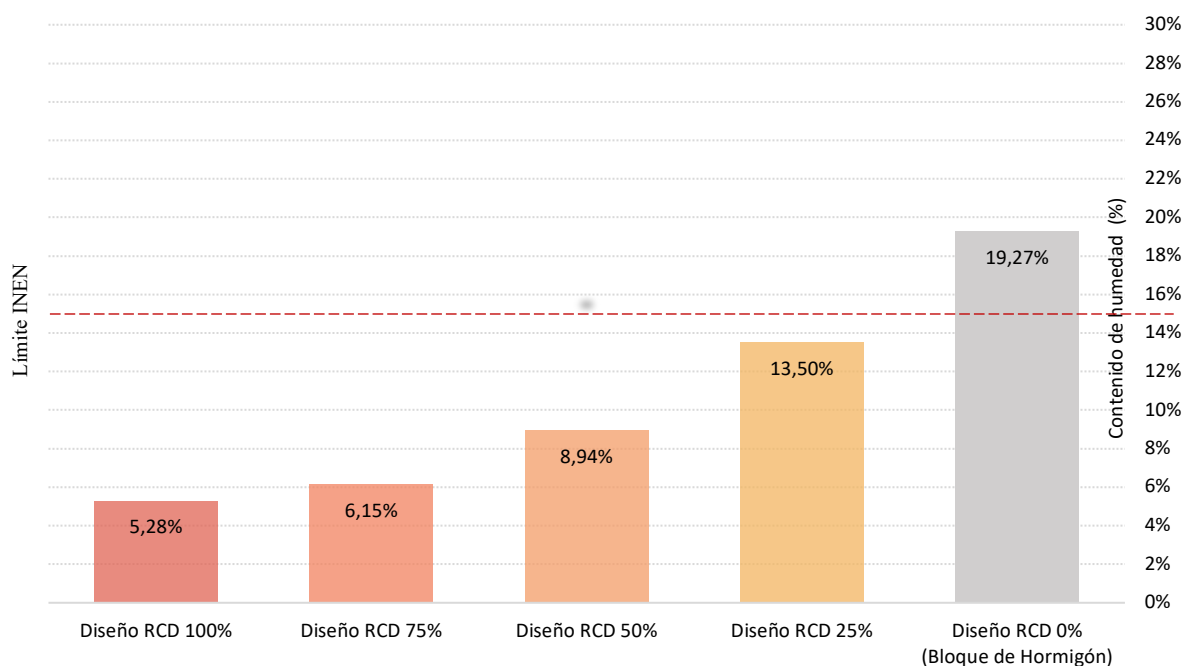


3.3.4 Contenido de humedad del bloque de hormigón con RCD.

En la Figura 11, se muestra los valores promedios del contenido de humedad que tienen los bloques elaborados con distintas proporciones de RCD, de las cuales se destaca la dosificación con el 100% de RCD que tiene un contenido de humedad del 5.28%. Por tal razón, se observa que el RCD, al ser un residuo proveniente de un proceso constructivo ya formado, tiene una retención mínima de agua interna, a diferencia de los agregados provenientes de cantera, como se observa con el bloque de hormigón sin porcentaje de RCD, con un 19,27%, superando lo establecido por la normativa.

Figura 11

Valores promedios de contenido de humedad de los bloques.

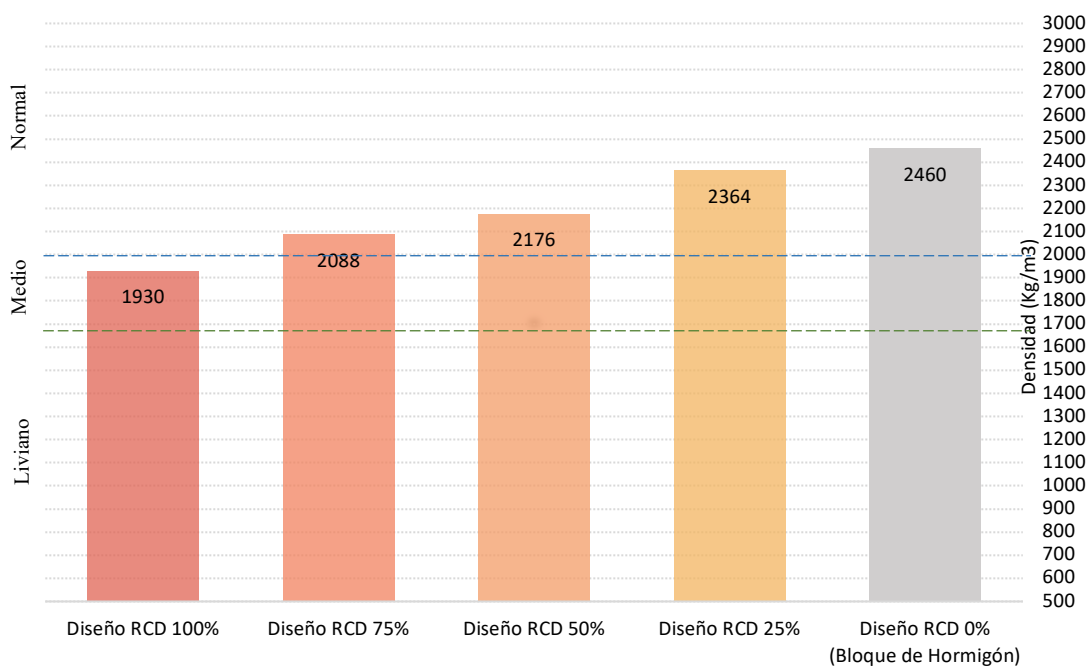


3.3.5 Densidad del bloque de hormigón con RCD.

La disminución de densidad de un concreto liviano específico es debido a la pérdida de humedad que, a su vez, es función del contenido de humedad del agregado, condiciones ambientales, y de la razón del área superficial al volumen del elemento de concreto. Para la mayoría de los concretos estructurales livianos, la densidad de equilibrio es alcanzada alrededor de los 90 días. (ASTM C567-05a, 2005)

Figura 12

Valores promedios de densidad de los bloques.



En la presente Figura 12, se determina que el bloque de hormigón con áridos gruesos de RCD de mampostería de ladrillo de 75, 50, 25 % y bloque de hormigón, se considera según la norma NTE INEN 3066 como un bloque de hormigón normal puesto que su densidad oscila entre 2088 a 2460 kg/m³, superando los 2000 kg/m³ establecidos en la norma, a diferencia del bloque

de cemento con 100 % de RCD con 1930 kg/m³, que se encuentra dentro de los bloques para mampostería tipo media que oscila dentro de los 1680 a 2000 kg/m³ establecido por la norma.

3.4 Obtención de costos

En la tabla 55 se observa los costos por unidad para la elaboración de bloques de hormigón convencional y con agregados de residuos de ladrillo, se observa que el valor de fabricación para bloques con agregados de RCD varían de acuerdo al porcentaje de agregado que contienen. El costo para un bloque de hormigón se establece en 73 centavos, mientras que para bloques con porcentajes de: 25,50,75 y 100%, de agregado de RCD, los costos se establecen en; 71, 68, 66 y 64 centavos respectivamente. Por lo tanto, se observa una diferencia de 9 centavos entre el bloque convencional de hormigón y el bloque con el 100 % de agregados de residuos de ladrillo, siendo este más económico y cumpliendo con los requerimientos de resistencia establecidos por la norma INEN 3066. Lo cual significa un beneficio económico para el productor, y también para el consumidor, ya que estos bloques son comercializados en grandes cantidades.

Tabla 55

Costo de bloque por unidad

Costos directos	Hormigón	25 % de RCD	50 % de RCD	75 % de RCD	100 % de RCD
Cemento	0,3286	0,3286	0,3286	0,3286	0,3286
Agua	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010
Agregado fino	0,0061	0,0061	0,0061	0,0061	0,0061
Grava natural	0,0956	0,0717	0,0477	0,0238	0,0000
RCD (residuos triturados de ladrillo)	–	0,0026	0,0053	0,0080	0,0106
Mano de obra más equipos	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Total \$	0,73	0,71	0,68	0,66	0,64

CAPÍTULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación experimental, se confirma la hipótesis planteada. Los bloques de cemento elaborados con agregado grueso de RCD de mampostería de ladrillo, cumplen los lineamientos físicos y mecánicos establecidos por la norma NTE INEN 3066 y en algunos casos supera las propiedades del bloque convencional. Además, empleando estos agregados de mampostería de ladrillos (productos de los residuos triturados de construcciones, demoliciones y desperdicios de fábricas de cerámica), como áridos para la industria de la construcción, constituiría una alternativa viable a largo plazo en reducir y mitigar el impacto ambiental.

El uso de residuos de mampostería de ladrillo, con la dosificación planteada de $f'c=140$ kg/cm² y una relación a/c de 0.64, no presenta gran efecto de disminución en la resistencia a compresión en las diferentes proporciones de reemplazo. Teniendo en la dosificación del 100% de RCD una resistencia a los 28 días, de 4.25 Mpa y del bloque de hormigón con agregado natural, una resistencia de 6.7 Mpa. Demostrando que las propiedades mecánicas de los agregados están directamente relacionadas con la resistencia, que a mayor contenido de RCD, menor agregado natural, obteniendo una menor resistencia a la compresión, pero manteniendo un comportamiento eficiente, óptimo y económico en el ámbito de la elaboración del bloque con RCD.

La cantidad de agua calculada en el laboratorio para saturar el agregado de RCD, no se estima con exactitud su valor con el método de dosificación, además, es incierto el porcentaje real de absorción del agregado durante el proceso corto del mezclado, moldeado y secado. Esto se debe a que, en la elaboración de mezcla para la fabricación de bloque, se necesita una cantidad exacta

de agua, para no generar fisuración por falta de saturación en el agregado al ser desmoldado o segregación al momento de la vibro-compactación.

4.2 Recomendaciones

Realizar investigaciones para mantener un amplio conocimiento sobre el aprovechamiento de los RCD de mamposterías de ladrillo e insetarlo como un agregado grueso dentro de la industria de la construcción. Considerando que todos los parámetros establecidos para la reutilización de los RCD, deben estar encaminados a la reducción del impacto ambiental.

Establecer normativas para el aprovechamiento de los RCD, e incorporarlos como una materia prima que sean factibles en la fabricación de nuevos elementos para la construcción. De esta manera, garantizar que los nuevos elementos prefabricados sustentables, cumplan con los estándares de calidad.

Se debería analizar el comportamiento de los bloques con RCD a largo plazo, enfocándose en la resistencia y flexión para comprobar el aprovechamiento de los materiales reciclados.

Bibliografía

- Cruz, D., López de León, F., Pascual, L., & Battaglia, M. (2010). *Guía Técnica de producción de hongos comestibles de la especie de Hongos Ostra*.
- NTE INEN 1762. (2014). *Hormigón. Definiciones y Terminologías*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>
- NTE INEN 2518. (2010). *Morteros para unidades de mampostería. Requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>
- Eurostat. (2021a). *Material flow accounts in raw material equivalents by final uses of products - modelling estimates*. Publications Office of the European Union [env_ac_rmeffd]. Obtenido de <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2021a). *2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Nairobi. Obtenido de <https://globalabc.org>
- ONU Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. Panamá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe. Obtenido de <https://www.unep.org>
- PNUMA. (2021). *El peso de las Ciudades en América Latina y el Caribe: requerimientos futuros de recursos y potenciales rutas de actuación*. Panamá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe. Obtenido de <https://www.unep.org>
- NTE INEN 3066. (2016). *Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo*. Quito, Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización . Recuperado el Mayo de 2021, de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>
- Zheng, C., Lou, C., Du, G., Li, X., Liu, Z., & Li, L. (Junio de 2018). Mechanical properties of recycled concrete with demolished waste concrete aggregate and clay brick aggregate. *Results in Physics*, 9, 1317-1322. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2018.04.061>
- NTE INEN 872. (2011). *Áridos para hormigón. Requisitos*. Recuperado el 2021, de Servicio Ecuatoriano de Normalización: <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/>

- Cáder Valencia, G. A., & Oliva Salazar, C. E. (2012). *Adaptación del método de diseño de mezclas de concreto según ACI 211.1 utilizando los tipos de cemento ASTM c-1157 tipo GU y ASTM c-1157 tipo HE*. Tesis (Bachelor), Universidad de El Salvador. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14887>
- American Concrete Institute. (2000). *Cement and Concrete Terminology [ACI 116R-00]*. Reported by ACI Committee 116. Obtenido de <https://www.concrete.org>
- American Concrete Institute. (2009). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete [ACI 211.1-91]*. Reported by ACI Committee 211. Obtenido de <https://www.concrete.org>
- Alejandro Quimí, E. R., & Merchán Reyes, C. A. (2019). *Diseño de un hormigón permeable mediante el método ACI-211.1 utilizando cantos rodados del río Manantial de Guangala que se encuentra ubicado en la comuna de Manantial de Guangala*. Thesis (bachelor), Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5034>
- American Society for Testing and Materials [ASTM]. (2022). *Standard Specification for Portland Cement [C150M-22]*. USA: ASTM International. Obtenido de <https://www.astm.org>
- American Society for Testing and Materials [ASTM]. (2017). *Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete [C330M-14]*. ASTM International. Obtenido de <https://www.astm.org>
- NTE INEN 2841. (2014). *Gestión ambiental. Estandarización de los colores para recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos. Requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2174>
- Eurostat. (2021b). *Waste statistics/ Waste statistics*. European Union. Obtenido de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Main_Page
- Santos Jiménez, M. (2018). *Reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) de tipo cerámico para nuevos materiales de construcción sostenibles [Tesis doctoral, E.T.S. de Edificación (UPM)]*. Obtenido de Archivo Digital Universidad Politécnica de Madrid: <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.53564>

- UNEP. (2021b). *Catalysing Science-based Policy action on Sustainable Consumption and Production – The value-chain approach & its application to food, construction and textiles*. Nairobi. Obtenido de <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/34702>.
- Ministerio de Medio Ambiente Español. (2001). *Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006*. España: Boletín Oficial del Estado, 166, de jueves 12 de junio de 2001, 25305-25313.
- Eurostat. (2020). *Energy, transport and environment statistics*. European Commission. Obtenido de <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>
- CEDEX. (2014). *Residuos de Construcción y Demolición*. España: Ministerio del Fomento. Obtenido de <http://www.cedexmateriales.es>
- Decreto 3516 de 2015. (04 de mayo de 2015). Norma de Calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos. Ecuador: Registro Oficial Edición Especial 316. Obtenido de <https://www.registroficial.gob.ec>
- Aguilar Penagos, A. (2017). *Fabricación de bloques ecológicos a base de material producto de la construcción*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Obtenido de https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000767744
- Contreras Lojano, C. E. (2012). *Concreto con áridos reciclados: adaptación de esta tecnología, alcanzando por lo menos 210kg/cm² de resistencia a la comprensión*. [Tesis de Maestría, Universidad de Cuenca]. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/535>
- Aguilar, A. (30 de septiembre de 1997). Reciclado de materiales de construcción. *Reciclado de materiales de construcción, 2*.
- Mejía, E., Giraldo, J., & Martínez, L. (2013). Residuos de construcción y demolición Revisión sobre su composición, impactos y gestión. *Revista CINTEX, 18*, 105-130. Obtenido de <https://revistas.pascualbravo.edu.co/index.php/cintex/article/view/52>
- SDA. (2015). *Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición - RCD en obra*. Obtenido de <https://ambientebogota.gov.co/inicio>

- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2018). *Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular-Contrato Interadministrativo CI-049-2018* (Vol. 2). Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/home.aspx>
- Resolución de 14 de junio de 2001 [Secretaría General de Medio Ambiente]. (2001). *Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006*. Madrid: «BOE» núm. 166. Obtenido de [https://www.boe.es/eli/es/res/2001/06/14/\(4\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2001/06/14/(4))
- Bonett Díaz, R. L. (15 de Diciembre de 2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Recuperado el Mayo de 2021, de Tesis doctoral, UPC, Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica: <http://hdl.handle.net/2117/93542>
- ENED. (2020). *Encuesta de Edificaciones*. Quito, Ecuador: INEC. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/edificaciones/>
- Caraguay Satama, S. E. (16 de Marzo de 2017). *Estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca [Tesis de Maestría en Construcciones, Universidad de Cuenca]*. Recuperado el Mayo de 2021, de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27003>
- Silva Urrego, Y. F., Gordillo, M., & Delvasto Arjona, S. (2017). Influencia del residuo de mampostería (RM) como material cementicio suplementario en la elaboración de morteros. *Informador Técnico*, 81(1), 44-54. Obtenido de <https://doi.org/10.23850/22565035.719>
- Chica-Osorio, L. M., & Beltrán-Montoya, J. M. (2018). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso. *DYNA*, 85(206), 338-347. Obtenido de <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.68824>
- Porras Porras, O. R. (2019). *Diseño y elaboración de bloques de hormigón sostenibles cumpliendo las normas "NTE INEN", mejorando las características físicas mediante la corrección de procesos de fabricación en la provincia de Cotopaxi*. Thesis [bachelor], Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15943>

- Moya Heredia, J. C., Toscano Barros, L. S., & Rubio Inguilan, M. C. (2017). *Diseño de bloques de alivianamiento con vidrio triturado, reciclado*. Universidad Central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Civil. Quito: UCE. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/11860>
- Rosero Alvarez, D. M. (2019). *Propuesta de guía de uso de los agregados reciclados en Colombia provenientes de RCD, basado en normativa internacional y en el desarrollo de investigaciones de universidades colombianas*. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77323>
- NTE INEN 695. (2010). *Áridos Muestreo*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el Julio de 2022, de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>
- NTE INEN 862. (2011). *Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>
- NTE INEN 858. (2010). *Áridos. Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/>
- NTE INEN 857. (2010). *Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y adsorción del árido grueso*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/>
- NTE INEN 696. (2011). *Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/>
- NTE INEN 1806. (2015). *Cemento para mampostería. Requisitos*. Quito, Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el Mayo de 2021, de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>
- Sanchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (Vol. V). Pontificá Universidad Javeriana.
- Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 2619]. (2012). *Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Refrentado para el ensayo a compresión*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/>

Anexos

Anexo 1

Ubicación de recolección de RCD de mampostería de ladrillo.



Anexo 2

Ficha de recolección CO1

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO		
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO			
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ			
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO			
MUESTRA:	GRAVA RCD DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, DEL CANTÓN AZOGUES			
NORMA ENSAYO:	ASTM C 127-15 / NTE INEN 857			
DATOS GENERALES				
PROYECTO:	PROYECTO DEMOLICIÓN DE VIVIENDA DOS PISOS - LOS OLIVOS		CÓDIGO: CO1	
RESPONSABLE:	Propietario			
No. DE PISO:	2			
DIRECCIÓN TÉCNICA	SI:	X		NO:
UBICACIÓN	AVE. MARCO VICUÑA DOMINGUEZ			
COORDENADAS:	x: -8.778.940,127 y: -303.376,771			
UBICACIÓN				
				
FOTOGRAFÍAS				
				


Anexo 3

Ficha de recolección CO2

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO		
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO			
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ			
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO			
MUESTRA:	GRAVA RCD DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, DEL CANTÓN AZOGUES			
NORMA ENSAYO:	ASTM C 127-15 / NTE INEN 857			
DATOS GENERALES				
PROYECTO:	PROYECTO DEMOLICIÓN DE VIVIENDA DOS PISOS		CÓDIGO CO2	
RESPONSABLE:	ARQ. HENRY GARCÍA			
No. DE PISO:	2			
DIRECCIÓN TÉCNICA	SI :	X		NO:
UBICACIÓN	CALLE ANTONIO JOSÉ SUCRE Y BENIGNO RIVERA			
COORDENADAS:	x: -8.777.306,113 y: -305.036,722			
UBICACIÓN				
				
FOTOGRAFÍAS				
				





Anexo 4

Ficha de recolección CO3

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO		
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO			
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LOPEZ			
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO			
MUESTRA:	GRAVA RCD DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, DEL CANTÓN AZOGUES			
NORMA ENSAYO:	ASTM C 127-15 / NTE INEN 857			
DATOS GENERALES				
PROYECTO:	PROYECTO DEMOLICIÓN DE VIVIENDA DOS PISOS		CÓDIGO C03	
RESPONSABLE:	TÉCNICO			
No. DE PISO:	2			
DIRECCIÓN TÉCNICA	SI: <input type="checkbox"/>	X <input checked="" type="checkbox"/>		NO: <input type="checkbox"/>
UBICACIÓN	CALLE BENIGNO RIVERA Y 3 DE NOVIEMBRE			
COORDENADAS:	x: -8.777.238,426 y: -305.133,717			
UBICACIÓN				
				
FOTOGRAFÍAS				
				

Anexo 5

Ficha de recolección CO4

	UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO	
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO	
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ	
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO	
MUESTRA:	GRAVA RCD DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, DEL CANTÓN AZOGUES	
NORMA ENSAYO:	ASTM C 127-15 / NTE INEN 857	
DATOS GENERALES		
PROYECTO:	PROYECTO DEMOLICIÓN DE VIVIENDA DOS PISOS	código C04
RESPONSABLE:	TÉCNICO	
No. DE PISO:	2	
DIRECCIÓN TÉCNICA	SI: <input type="checkbox"/> NO: <input checked="" type="checkbox"/>	
UBICACIÓN	CALLE BENIGNO RIVERA Y GENERAL ENRIQUEZ	
COORDENADAS:	x: -8.777.186,885 y: -305.323,672	
UBICACIÓN		
		
FOTOGRAFÍAS		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		

Anexo 6

Ficha de recolección C05

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO		
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO			
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ			
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO			
MUESTRA:	GRAVA RCD DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, DEL CANTÓN AZOGUES			
NORMA ENSAYO:	ASTM C 127-15 / NTE INEN 857			
DATOS GENERALES				
PROYECTO:	PROYECTO DEMOLICIÓN DE VIVIENDA DOS PISOS		CÓDIGO C05	
RESPONSABLE:	ARQ.			
No. DE PISO:	2			
DIRECCIÓN TÉCNICA	SI:	X		NO:
UBICACIÓN	AV. HOMERO CASTANIER CRESPO			
COORDENADAS:	x: -8.777.031,859 y: -306.109,854			
UBICACIÓN				
				
FOTOGRAFÍAS				
				


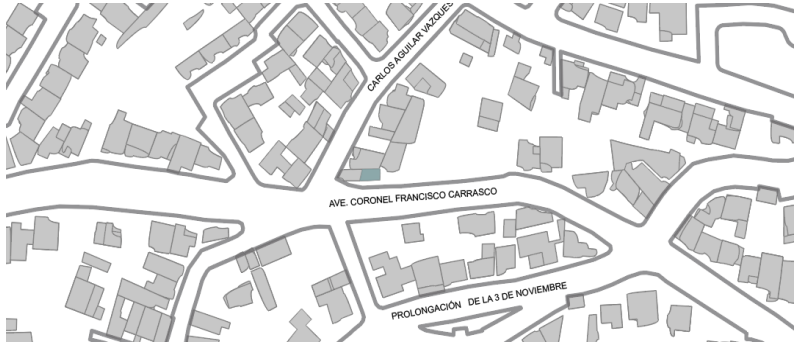

Anexo 7

Ficha de recolección CO6

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO	
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO		
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ		
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO		
MUESTRA:	GRAVA RCD DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, DEL CANTÓN AZOGUES		
NORMA ENSAYO:	ASTM C 127-15 / NTE INEN 857		
DATOS GENERALES			
PROYECTO:	PROYECTO DEMOLICIÓN DE VIVIENDA DOS PISOS		CÓDIGO CO6
RESPONSABLE:	TÉCNICO		
No. DE PISO:	2		
DIRECCIÓN TÉCNICA	SI: <input checked="" type="checkbox"/>	NO: <input type="checkbox"/>	
UBICACIÓN	AV. MARCO VICUÑA DOMÍNGUEZ		
COORDENADAS:	x: -8.777.186,885 y: -305.323,672		
UBICACIÓN			
			
FOTOGRAFÍAS			
			

Anexo 8

Ficha de recolección CO7

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO	
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN		
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LOPEZ		
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO		
MUESTRA:	GRAVA RCD DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, DEL CANTÓN AZOGUES		
NORMA ENSAYO:	ASTM C 127-15 / NTE INEN 857		
DATOS GENERALES			
PROYECTO:	PROYECTO DEMOLICIÓN DE VIVIENDA DOS PISOS		CÓDIGO CO7
RESPONSABLE:	ARQ.		
No. DE PISO:	2		
DIRECCIÓN TÉCNICA	SI: <input checked="" type="checkbox"/>	NO: <input type="checkbox"/>	
UBICACIÓN	CALLE BENIGNO RIVERA Y GENERAL ENRIQUEZ		
COORDENADAS:	x: -8.777.186,885 y: -305.323,672		
UBICACIÓN			
			
FOTOGRAFÍAS			
			

Anexo 9

Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción (Tabla 6.3.1 ACI 211.1-91).

Tipos de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	3	1
Zapatas, campanas y muros de sub estructuras	3	1
Vigas y muros reforzados	4	1
Columnas para edificios	4	1
Pavimentos y losas	3	1
Concreto masivo	2	1

Nota. Adaptado de *Elección de revenimiento (Paso 1)*, por ACI 211.1-91, 2002. (<https://www.concrete.org>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 10

Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción y sistemas de colocación y compactación.

Consistencia	Asentamiento	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación	Con vibradores de formaleta; concretos de proyección neumática (lanzado)	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión
Seca	20-35	Pavimentos	Pavimentadoras con terminadora vibratoria	Secciones sujetas a vibración intensa
Semi-seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple	Colocación con máquinas operadas manualmente	Secciones simplemente reforzadas, con vibración
Media	50 - 100	Pavimentos compactados a mano, losas muros, vigas	Colocación manual	Secciones medianamente reforzadas, sin vibración
Húmeda	100 - 150	Elementos estructurales esbeltos	Bombeo	Secciones bastante reforzadas, sin vibración
Muy húmeda	150 o más	Elementos muy esbeltos pilotes fundidos "in situ"	Tube-embudo Tremie	Secciones altamente reforzadas, sin vibraciones

Nota. Adaptado de *Selección del asentamiento (Tabla 11.3)*, por Sanchez de Guzmán, D., 2001. En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 11

Requerimiento aproximado de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado.

Asentamiento		Tamaño máximo del agregado, en mm (pulg.)							
		9.51 ¾"	12.7 ½"	19.0 ¾"	25.4 1"	38.1 1 ½ "	50.8 2"	64.0 2 ½ "	76.1 3"
(mm)	(Pulg)	Agua de mezclado, en Kg/m3 de concreto							
0	0	223	201	186	171	158	147	141	132
25	1	231	208	194	178	164	154	147	138
50	2	236	214	199	183	170	159	151	144
75	3	241	218	203	188	175	164	156	148
100	4	244	221	207	192	179	168	159	151
125	5	247	225	210	196	183	172	162	153
150	6	251	230	214	200	187	176	165	157
175	7	256	235	218	205	192	181	170	163
200	8	560	240	224	210	197	186	176	168

Nota. Adaptado de *Estimación del contenido de agua de mezclado (Tabla 11.7)*, por Sanchez de Guzmán, D., 2001. En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 12

Correspondencia entre la resistencia a la compresión a los 28 días de edad y la relación agua-cemento para los cementos colombianos, portland tipo I, en concretos sin aire incluido.

Resistencia a la compresión kg/cm2	Relación agua – cemento en peso		
	Límite superior	Línea media	Límite inferior
140	-	0.72	0.65
175	-	0.65	0.58
210	0.70	0.58	0.53
245	0.64	0.53	0.49
280	0.59	0.48	0.45
315	0.54	0.44	0.42
35	0.49	0.40	0.38

Nota. Adaptado de *Selección de la relación agua-cemento (Tabla 11.13)*, por Sanchez de Guzmán, D., 2001. En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 13

Resistencia requerida de diseño cuando no hay datos que permitan determinar la desviación estándar.

Resistencia especificada f'_c (kg/cm²)	Resistencia de diseño de la mezcla f'_cr (kg/cm²)
Menos de 210 kg/cm ²	F_c+70 kg/cm ²
De 210 kg/cm ² a 350 kg/cm ²	F_c+85 kg/cm ²
Más de 350 kg/cm ² .	F_c+100 kg/cm ²

Nota. Adaptado de *Determinación de la resistencia de diseño (Tabla 11.12)*, por Sanchez de Guzmán, D., 2001. En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 14

Cantidad aproximada de aire esperado en concreto sin aire incluido y niveles de aire incluido para diferentes tamaños máximos de agregado (ACI 211 y del ACI 318).

Tamaño máximo nominal del agregado		Contenido de aire en porcentaje (por volumen)			
(mm)	(Pulg)	Naturalmente atrapado	Exposición ligera	Exposición moderada	Exposición severa
9,51	3/8"	3.0	4.5	6.0	7.5
12,7	1/2"	2.5	4.0	5.5	7.0
19,0	3/4"	2.0	3.5	5.0	6.0
25,4	1"	1.5	3.0	4.5	6.0
38,1	1 1/2"	1.0	2.5	4.5	5.5
50,8	2"	0.52	2.0	4.0	5.0
76,1	3"	0.3	1.5	3.5	4.5
152.0	6"	0.2	1.0	3.0	4.0

Nota. Adaptado de *Estimación del contenido de aire (Tabla 11.5)*, por Sanchez de Guzmán, D., 2001. En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 15

Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto (ASTM C29).

Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla, por volumen de concreto para diferentes módulos de finura de la arena

Tamaño máximo nominal del agregado		Módulo de finura de la arena			
		2.40	2.60	2.80	3.00
(mm)	(Plg)				
9.51	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.7	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25.4	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
38.1	1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
50.8	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
76.1	3"	0.82	0.80	0.78	0.76
152.0	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Adaptado de *Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto*, (Tabla 11.15), por Sanchez de Guzmán, D., 2001. En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 16

Selección de cantidad de muestra para ensayo de árido fino y grueso.

Tamaño del árido (mm)	Masa mínima de la muestra in situ (Kg)	Volumen mínimo de la muestra in situ (litros)
Áridos finos		
2,36	10	8
4,75	10	8
Áridos gruesos		
9,5	10	8
12,5	15	12
19,0	25	20
25	50	40
37,5	75	60
50	100	80
63	125	100
75	150	120
90	175	140

Nota. Adaptado de *Áridos finos y gruesos, muestreo*, por NTE INEN 695, 2010. (<http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 17

Límite de gradación del árido fino para hormigón.

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

Nota. Adaptado de *Áridos para hormigón, Límites de gradación para áridos finos*, por NTE INEN 3066, 2016. (<http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 18

Límite de gradación del árido fino para hormigón.

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

Nota. Adaptado de *Áridos para hormigón, Límites de gradación para áridos finos*, por NTE INEN 3066, 2016. (<http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>). En el dominio público. Elaboración propia. 2022

Anexo 19*Ecuaciones para la dosificación de hormigón según ACI 211.1*

Número	Fórmula
Ecuación 1	$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Cuantía de cemento (kg)}}{\text{Densidad de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$
Ecuación 2	$\text{Volumen de agregado grueso} = b = \left(\frac{b}{b_0}\right) \cdot b_0$
Ecuación 3	$\text{Volumen de agregado fino} = \text{vol. agua} - \text{vol. cemento} - \text{vol. Aire} - \text{vol. agr. grueso}$
Ecuación 4	$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Cuantía de cemento}}{\text{Densidad de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$
Ecuación 5	$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Peso específico del agua} * 1000}$
Ecuación 6	$\text{Volumen de aire} = \frac{\text{Contenido de aire} * 1}{100}$
Ecuación 7	$P. \text{ del árido grueso} = V. \text{ del árido } g * \text{Peso unitario compactado del arido } g$
Ecuación 8	$\sum V. \text{ absolutos conocidos} = V. \text{ cemento} + V. \text{ Agua} + V. \text{ de aire} + V. \text{ de árido grueso}$
Ecuación 9	$P. \text{ peso del árido fino humedo en relación a su CH} = \frac{\text{Valor del árido fino} * CH}{100}$
Ecuación 10	$P. \text{ humedo del agregado } g = P. \text{ árido } g \text{ húmedo en relación a su CH} + \text{Valor del árido } g$
Ecuación 11	$\text{Aporte de humedad del árido } f = \frac{\text{Valor del árido } f * \text{humedad superficial del árido } f}{100}$
Ecuación 12	$\text{Aporte de humedad del árido } g = \frac{\text{Valor del árido } g * \text{humedad superficial del árido } g}{100}$
Ecuación 13	$\text{Agua efectiva} = V. \text{ de agua} - \sum \text{ de aportes de humedad de los agregados}$


Anexo 20


Ecuaciones para la dosificación de hormigón según ACI 211.2


Número	Fórmula
Ecuación 1	$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Cuantía de cemento (kg)}}{\text{Densidad de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$
Ecuación 2	$\text{Volumen de agregado grueso} = b = \left(\frac{b}{b_0}\right) \cdot b_0$
Ecuación 3	$\text{Volumen de agregado fino} = \text{vol. agua} - \text{vol. cemento} - \text{vol. Aire} - \text{vol. agr. grueso}$
Ecuación 4	$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Cuantía de cemento}}{\text{Densidad de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$
Ecuación 5	$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Peso específico del agua} * 1000}$
Ecuación 6	$\text{Volumen de aire} = \frac{\text{Contenido de aire} * 1}{100}$
Ecuación 7	$P. \text{ del árido grueso} = V. \text{ del árido } g * \text{Peso unitario compactado del arido } g$
Ecuación 8	$\sum V. \text{ absolutos conocidos} = V. \text{ cemento} + V. \text{ Agua} + V. \text{ de aire} + V. \text{ de árido grueso}$
Ecuación 9	$\text{Peso del árido fino humedo en relación a su CH} = \frac{\text{Valor del árido fino} * \text{CH}}{100}$
Ecuación 10	$P. \text{ humedo del agregado } g = P. \text{ árido } g \text{ húmedo en relación a su CH} + \text{Valor del árido } g$
Ecuación 11	$\text{Aporte de humedad del árido } f = \frac{\text{Valor del árido } f * \text{humedad superficial del árido } f}{100}$
Ecuación 12	$\text{Aporte de humedad del árido } g = \frac{\text{Valor del árido } g * \text{humedad superficial del árido } g}{100}$
Ecuación 13	$\text{Agua efectiva} = V. \text{ de agua} - \sum \text{ de aportes de humedad de los agregados}$

Anexo 21

Proceso de dosificación

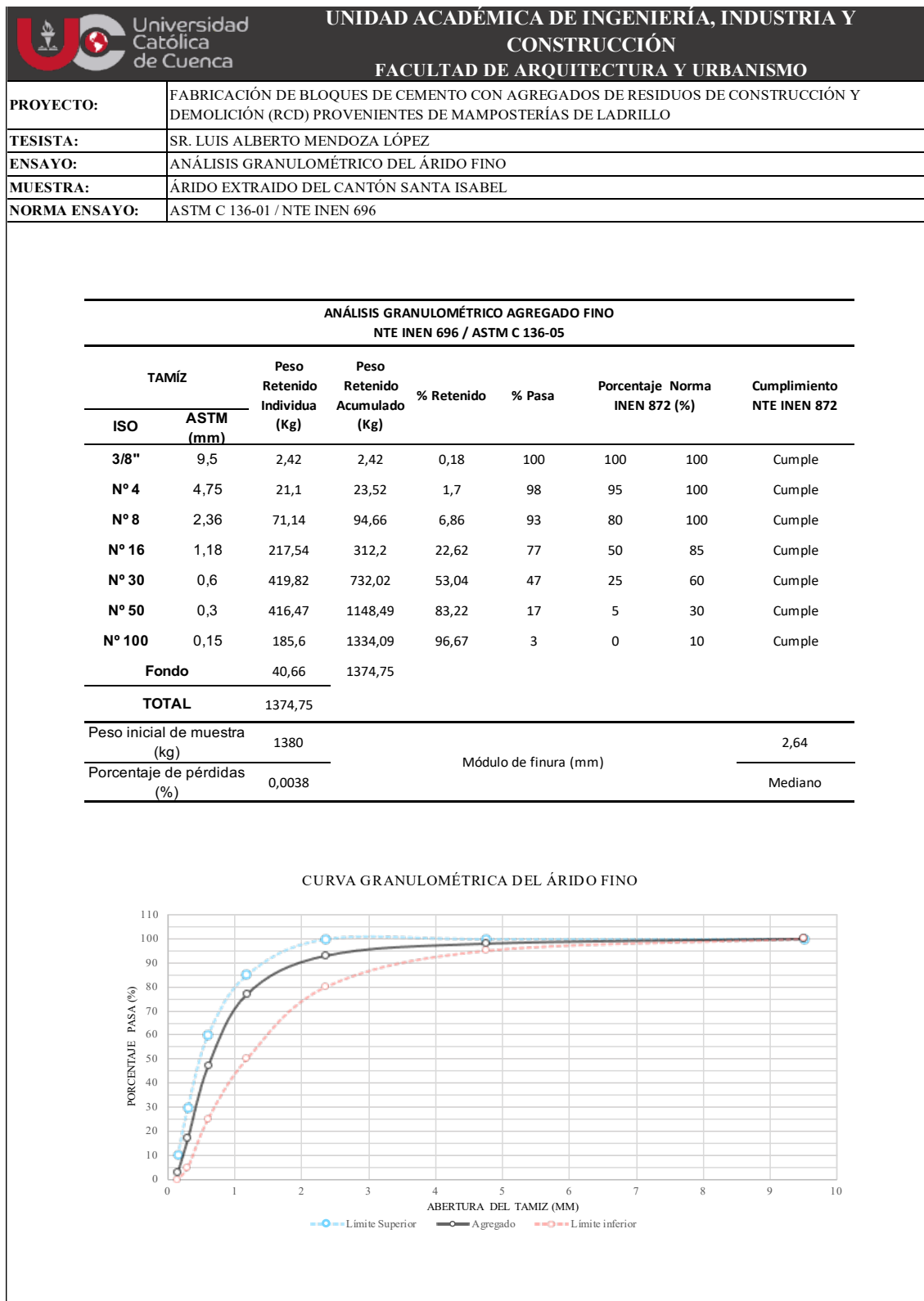
 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO				
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO					
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ					
ENSAYO:	DOSIFICACIÓN DE MEZCLA DE HORMIGÓN MÉTODO ACCI 211.2					
MUESTRA:	AGREGADOS OBTENIDOS EN LA CIUDAD DE AZOGUES					
NORMA ENSAYO:	ACCI 211.2-91					
DOSIFICACIÓN DE MEZCLA DE HORMIGÓN MÉTODO ACCI 211.2-91						
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES						
Materiales	P.E	% Hum.	% Abs	P.U.C	P.U.S	
Agua	186	---	---	---	---	
Cemento	2900	---	---	---	---	
Grava	2.620	0.500	2.500	1695	1580	
Arena	2.650	3.500	1.650	1640	1530	
1. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO						
Datos						
Consistencia=				Muy seca		
Revenimiento=				0 a 20mm		
Trabajabilidad=				Poco trabajable		
Método de compactación=				Vibración normal		
<i>Nota: Ver Anexo</i>						
2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO						
Descripción	Unidad	Muestra	Tamiz			
Tamaño máximo nominal	mm	19	3/4"			
<i>Nota: Ver Anexo</i>						
3. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DEL AIRE						
Descripción	Unidad	Muestra				
Naturalmente atrapado	mm	2,5				
4. CANTIDAD DE AGUA						
Descripción	Unidad	Muestra				
Cantidad de agua=	lt agua /m3 concreto	186				
<i>Nota: Ver Anexo</i>						
5. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO						
Descripción	Unidad	Muestra				
f'c=	kg/cm2	70				
Factor sobre diseño	kg/cm2	70				
Resistencia de diseño	kg/cm2	140				
<i>Nota: Ver Anexo</i>						
6. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO						
Descripción	Unidad	Muestra				
C= Contenido de cemento (kg/m3)						
A= Requerimiento de agua de mezclado (kg/m3)	lt/m3	186				
A/C= Relación agua-cemento, por peso	kg/cm2	0,6				
<i>Nota: Ver Anexo</i>						
7. CUANTÍA DE CEMENTO						
Descripción	Unidad	Muestra				
C= Cuantía de cemento	kg	310				
<i>Nota: Ver Anexo</i>						

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO	
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y		
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ		
ENSAYO:	DOSIFICACIÓN DE MEZCLA DE HORMIGÓN MÉTODO ACCI 211.2		
MUESTRA:	AGREGADOS OBTENIDOS EN LA CIUDAD DE AZOGUES		
NORMA ENSAYO:	ACCI 211.2-91		
DOSIFICACIÓN DE MEZCLA DE HORMIGÓN			
MÉTODO ACCI 211.2-91			
7. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE CEMENTO POR m³			
Descripción			
	Unidad	Muestra	
Cuántía de cemento	kg	310	
Densidad de cemento	kg/m ³	2900	
Volumen de cemento	m³	0,107	
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
8. VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO SECO			
Descripción			
	Unidad	Muestra	
Volumen de árido grueso por vol. unit. de hormigón	b/b0	0,57	
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DEL AGREGADO GRUESO			
Descripción			
	Unidad	Muestra	
b0 (Peso Volumétrico grueso/ Densidad Arido Grueso)	m ³	0,53	
Volumen agregado grueso	m ³	0,3024	
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DEL AGREGADO GRUESO			
Descripción			
	Unidad	Muestra	
b0 (Peso Volumétrico grueso/ Densidad Arido Grueso)	m ³	0,53	
Volumen agregado grueso	m ³	0,3024	
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
9. CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS			
Descripción			
	Unidad	Muestra	
Volumen de cemento	m ³	0,107	
Volumen de agua	m ³	0,186	
Volumen de aire	m ³	0,025	
Peso del árido g	m ³	0,2935876	
V. absolutos conocidos	m ³	0,6114842	
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
10. VOLUMEN DEL AGREGADO FINO SECO			
Descripción			
	Unidad	Muestra	
Volumen del agregado fino seco	m ³	0,3885158	
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
11. VALORES DEL DISEÑO DE LA MEZCLA			
Descripción			
	Unidad	Muestra	
Valor del cemento	kg/cm ³	0,31	
Valor del agua	kg/cm ³	0,186	
Valor del árido fino	kg/cm ³	1,07	
Valor del árido grueso	kg/cm ³	0,8	
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
12. AJUSTE POR HUMEDAD			
Descripción			
	Unidad	Muestra	
Peso del árido fino humedo en relación a su CH	kg/m ³	0,03	
P. humedo del agregado fino	kg/m ³	1,11	
Peso del árido grueso humedo en relación a su CH	kg/m ³	0,01	
P. humedo del agregado grueso	kg/m ³	0,82	
Humedad superficial del árido fino	%	-5,22	
Humedad superficial del árido grueso	%	-0,4	
Aporte de humedad del árido fino	l/m ³	-0,06	
Aporte de humedad del árido grueso	l/m ³	0	
Agua efectiva	l/m ³	0,25	
<i>Nota: Ver Anexo</i>			

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO	
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y		
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ		
ENSAYO:	DOSIFICACIÓN DE MEZCLA DE HORMIGÓN MÉTODO ACCI 211.2		
MUESTRA:	AGREGADOS OBTENIDOS EN LA CIUDAD DE AZOGUES		
NORMA ENSAYO:	ACCI 211.2-91		
DOCIFICACIÓN DE MEZCLA DE HORMIGÓN MÉTODO ACCI 211.2-91			
13. VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA			
	Descripción	Unidad	Muestra
	Agua	lts/m ³	245,28
	Cemento	kg/m ³	310
	Arido fino	kg/m ³	1106,29
	Árido grueso	kg/m ³	815,56
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
14. Proporcionamiento en peso			
	Descripción	Unidad	Muestra
	Cemento		1
	Agregado fino		3,57
	Agregado grueso		2,63
	Agua		28,52
	Relación Agua/Cemento de diseño		1
	Relación Agua/Cemento efectiva	l/bolsa	0,79
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
15. Peso por saco de cemento			
	Descripción	Unidad	Muestra
	Cemento	kg/saco	50
	Agua efectiva	kg/saco	28,52
	Agregado fino húmedo	kg/saco	178,5
	Agregado	kg/saco	131,5
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
16. CANTIDAD DE MATERIAL PARA 6 BLOQUES			
	Descripción	Unidad	Muestra
	Altura	m	0,2
	Radio	m	0,1
	Volúmen de cilindro	m ³	0,0053
	Volúmen para 10 bloques	m ³	0,053
<i>Nota: Ver Anexo</i>			
RESULTADOS			
	Descripción	Unidad	Muestra
	Cantidad de Cemento	kg	13,6
	Cantidad de Agua	lts	10,74
	Cantidad de agregado fino húmedo	kg	48,76
	Cantidad de Agregado grueso húmedo	kg	35,72
	TOTAL		108,5

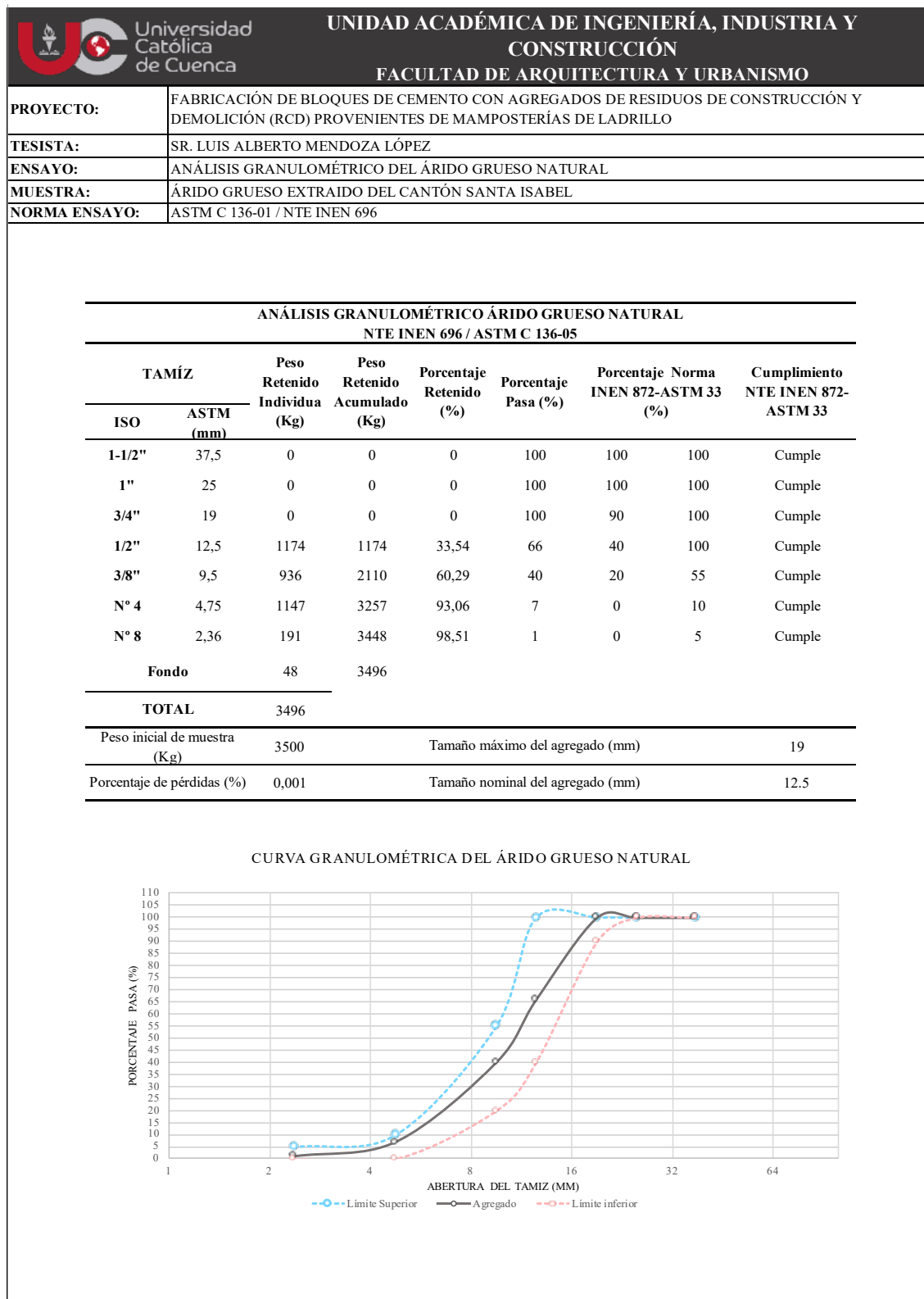
Anexo 22

Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino.



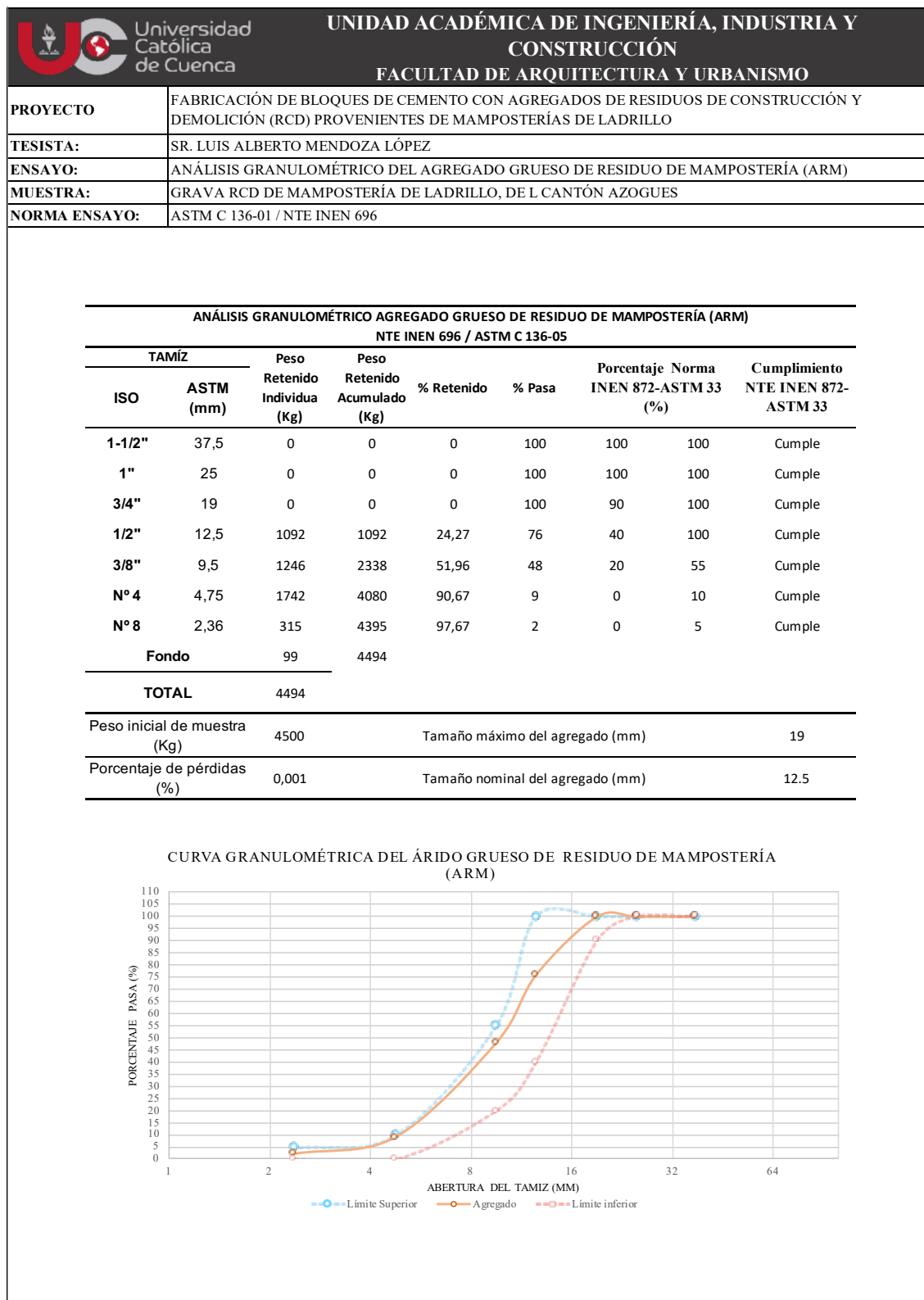
Anexo 23

Ensayo de análisis granulométrico del árido grueso natural.




Anexo 24

Ensayo granulométrico del agregado grueso de RCD de mampostería de ladrillo.




Anexo 25

Ensayo determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO			
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO				
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ				
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS				
MUESTRA:	ÁRIDO FINO EXTRAIDO DEL CANTÓN SANTA ISABEL				
NORMA ENSAYO:	ASTM C 29-97 / NTE INEN 858				
DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS NTE INEN 858 / ASTM C 29-97					
MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) COMPACTADA DEL ÁRIDO FINO NATURAL					
	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
	G= Masa del árido compactado más el molde	Kg	10,61	10,58	10,63
	T= Masa del molde	Kg	6,104	6,104	6,104
	V= Volumen de molde	m ³	0,00295	0,00295	0,00295
	Mc= Masa unitaria (Peso volumétrico) compactado del árido $MC = \frac{Gc - T}{V} =$	Kg/m ³	1,53	1,52	1,53
	PROMEDIO MASA UNITARIA COMPACTADA	Kg/m³	1526,67		
MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) SUELTA DEL ÁRIDO FINO NATURAL					
	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
	G= Masa del árido suelto más el molde	Kg	10,28	10,27	10,28
	T= Masa del molde	Kg	6,104	6,104	6,104
	V= Volumen de molde	m ³	0,00295	0,00295	0,00295
	Ms= Masa unitaria (Peso volumétrico) suelto del árido $MS = \frac{Gs - T}{V} =$	Kg/m ³	1,42	1,41	1,42
	PROMEDIO MASA UNITARIA SUELTA	Kg/m³	1416,67		


Anexo 26

Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO			
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO				
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ				
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS				
MUESTRA:	ÁRIDO GRUESO EXTRAIDO DEL CANTÓN SANTA ISABEL				
NORMA ENSAYO:	ASTM C 29-97 / NTE INEN 858				
DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS NTE INEN 858 / ASTM C 29-97					
MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) COMPACTADA DEL ÁRIDO GRUESO NATURAL					
	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
	G= Masa del árido compactado más el molde	Kg	28,38	28,21	28,51
	T= Masa del mode	Kg	14,91	14,91	14,91
	V= Volúmen de molde	m ³	0,00957	0,00957	0,00957
	Mc= Masa unitaria (Peso volumétrico) compactado del árido $M_c = \frac{G_c - T}{V} =$	Kg/m ³	1,41	1,39	1,42
	PROMEDIO MASA UNITARIA COMPACTADA	Kg/m³	1406,67		
MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) SUETA DEL ÁRIDO GRUESO NATURAL					
	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
	G= Masa del árido suelto más el molde	Kg	27,69	27,67	27,72
	T= Masa del mode	Kg	14,91	14,91	14,91
	V= Volúmen de molde	m ³	0,00957	0,00957	0,00957
	Ms= Masa unitaria (Peso volumétrico) suelto del árido $M_s = \frac{G_s - T}{V} =$	Kg/m ³	1,34	1,33	1,34
	PROMEDIO MASA UNITARIA SUELTA	Kg/m³	1336,67		


Anexo 27

Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) del árido grueso de residuo de mampostería

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO				
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO					
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ					
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS					
MUESTRA:	GRAVA RCD DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, DEL CANTÓN AZOGUES					
NORMA ENSAYO:	ASTM C 29-97 / NTE INEN 858					
DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS NTE INEN 858 / ASTM C 29-97						
MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) COMPACTADA DEL ÁRIDO GRUESO DE RESIDUO DE MAMPOSTERÍA (ARM)						
	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	
	G= Masa del árido compactado más el molde	Kg	9,316	9,298	9,318	
	T= Masa del mode	Kg	6,104	6,104	6,104	
	V= Volúmen de molde	m ³	0,00295	0,00295	0,00295	
	Mc= Masa unitaria (Peso volumétrico) compactado del árido	$MC = \frac{G_c - T}{V} =$	Kg/m ³	1,09	1,08	1,09
	PROMEDIO MASA UNITARIA COMPACTADA	Kg/m³	1086,67			
MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) SUETA DEL ÁRIDO GRUESO DE RESIDUO DE MAMPOSTERÍA (ARM)						
	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	
	G= Masa del árido suelto más el molde	Kg	9,035	9,059	9,013	
	T= Masa del mode	Kg	6,104	6,104	6,104	
	V= Volúmen de molde	m ³	0,00295	0,00295	0,00295	
	Ms= Masa unitaria (Peso volumétrico) suelto del árido	$MS = \frac{G_s - T}{V} =$	Kg/m ³	0,99	1	0,99
	PROMEDIO MASA UNITARIA SUELTA	Kg/m³	993,33			


Anexo 28

Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del árido fino

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO																
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO																	
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ																	
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO																	
MUESTRA:	ÁRIDO FINO EXTRAIDO DEL CANTÓN SANTA ISABEL																	
NORMA ENSAYO:	ASTM C 128-01 / NTE INEN 856																	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO NTE INEN 856 / ASTM C 128-01																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unidad</th> <th>Muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A= Masa de la muestra seca al horno</td> <td>Gr</td> <td>325,9</td> </tr> <tr> <td>B= Masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración</td> <td>Gr</td> <td>1207,32</td> </tr> <tr> <td>C= Masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración</td> <td>Gr</td> <td>1415,61</td> </tr> <tr> <td>S= Masa de muestra saturada superficialmente seca</td> <td>Gr</td> <td>352,65</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Unidad	Muestra	A= Masa de la muestra seca al horno	Gr	325,9	B= Masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración	Gr	1207,32	C= Masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración	Gr	1415,61	S= Masa de muestra saturada superficialmente seca	Gr	352,65
Descripción	Unidad	Muestra																
A= Masa de la muestra seca al horno	Gr	325,9																
B= Masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración	Gr	1207,32																
C= Masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración	Gr	1415,61																
S= Masa de muestra saturada superficialmente seca	Gr	352,65																
DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA)																		
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica)		SH																
$\frac{A}{B + S - C} =$		2,26																
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica)		SSS																
$\frac{S}{B + S - C} =$		2,44																
DENSIDAD RELATIVA APARENTE (Gravedad específica aparente)																		
$\frac{A}{B + A - C} =$		2,77																
DENSIDAD																		
DENSIDAD		Unidad SH																
$\frac{997,5(A)}{B + S - C} =$		Kg/m3 2251,91																
DENSIDAD		Unidad SSS																
$\frac{997,5(S)}{B + S - C} =$		Kg/m3 2436,74																
DENSIDAD APARENTE		Unidad SSS																
$\frac{997,5(A)}{B + A - C} =$		Kg/m3 2764,1																
ADSORCIÓN																		
ADSORCIÓN		Unidad SH																
$\frac{(S - A)}{A} \times 100 =$		% 8,21																


Anexo 29

Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO	
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO		
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ		
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO		
MUESTRA:	ÁRIDO GRUESO EXTRAÍDO DEL CANTÓN SANTA ISABEL		
NORMA ENSAYO:	ASTM C 127-15 / NTE INEN 857		
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ADSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO NTE INEN 857 / ASTM C 127-15			
	Descripción	Unidad	Muestra
A=	Masa al aire de la muestra seca al horno	Gr	2944
B=	Masa al aire de la muestra superficialmente seca	Gr	3000
C=	Masa aparente de la muestra saturada en agua	Gr	1871
DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA)			
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica)			SH
	$\frac{A}{B - C} =$		2,61
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica)			SSS
	$\frac{B}{B - C} =$		2,66
DENSIDAD RELATIVA APARENTE (Gravedad específica aparente)			
	$\frac{A}{A - C} =$		2,74
DENSIDAD			
DENSIDAD		Unidad	SH
	$\frac{997,5(A)}{B - C} =$	Kg/m ³	2601,1
DENSIDAD		Unidad	SSS
	$\frac{997,5(B)}{B - C} =$	Kg/m ³	2650,58
DENSIDAD APARENTE		Unidad	SSS
	$\frac{997,5(A)}{A - C} =$	Kg/m ³	2736,85
ADSORCIÓN			
ADSORCIÓN		Unidad	SH
	$\frac{(B - A)}{A} \times 100 =$	%	1,9


Anexo 30

Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso de residuo de mampostería

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO													
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO														
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ														
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO														
MUESTRA:	GRAVA RCD DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO, DEL CANTÓN AZOGUES														
NORMA ENSAYO:	ASTM C 127-15 / NTE INEN 857														
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE RESIDUO DE MAMPOSTERÍA (ARM) NTE INEN 857 / ASTM C 127-15															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unidad</th> <th>Muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A= Masa al aire de la muestra seca al horno</td> <td>Gr</td> <td>1824</td> </tr> <tr> <td>B= Masa al aire de la muestra superficialmente seca</td> <td>Gr</td> <td>2127</td> </tr> <tr> <td>C= Masa aparente de la muestra saturada en agua</td> <td>Gr</td> <td>1745</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Unidad	Muestra	A= Masa al aire de la muestra seca al horno	Gr	1824	B= Masa al aire de la muestra superficialmente seca	Gr	2127	C= Masa aparente de la muestra saturada en agua	Gr	1745
Descripción	Unidad	Muestra													
A= Masa al aire de la muestra seca al horno	Gr	1824													
B= Masa al aire de la muestra superficialmente seca	Gr	2127													
C= Masa aparente de la muestra saturada en agua	Gr	1745													
DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA)															
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica)		SH													
$\frac{A}{B - C} =$		4,77													
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica)		SSS													
$\frac{B}{B - C} =$		5,57													
DENSIDAD RELATIVA APARENTE (Gravedad específica aparente)															
$\frac{A}{A - C} =$		23,09													
DENSIDAD															
DENSIDAD		Unidad	SH												
$\frac{997,5(A)}{B - C} =$		Kg/m3	4762,93												
DENSIDAD		Unidad	SSS												
$\frac{997,5(B)}{B - C} =$		Kg/m3	5554,14												
DENSIDAD APARENTE		Unidad	SSS												
$\frac{997,5(A)}{A - C} =$		Kg/m3	23030,89												
ADSORCIÓN															
ADSORCIÓN		Unidad	SH												
$\frac{(B - A)}{A} \times 100 =$		%	16,61												


Anexo 31

Determinación del contenido total de humedad del árido fino natural

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO				
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO					
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ					
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD					
MUESTRA:	ÁRIDO FINO Y GRUESO EXTRAIDO DEL CANTÓN SANTA ISABEL					
NORMA ENSAYO:	ASTM D 2216-98 / NTE INEN 862					
ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD						
NTE INEN 862 / ASTM D 2216-98						
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD DEL ÁRIDO FINO NATURAL						
	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	
W =	Masa de la muestra original	Gr	379,21	448	400	
D =	Masa de la muestra seca	Gr	349,21	419	369	
P =	Contenido total de humedad evaporable	$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$	%	8,59	6,92	8,4
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ÁRIDO FINO NATURAL			%	7,97		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD DEL ÁRIDO GRUESO NATURAL						
	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	
W =	Masa de la muestra original	Gr	4000	3312	3350	
D =	Masa de la muestra seca	Gr	3956	3268	3298	
P =	Contenido total de humedad evaporable	$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$	%	1,11	1,35	1,58
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ÁRIDO GRUESO NATURAL			%	1,35		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD DEL ÁRIDO GRUESO DE RESIDUO DE MAMPOSTERÍA (ARM)						
	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	
W =	Masa de la muestra original	Gr	974	1056	981	
D =	Masa de la muestra seca	Gr	843	920	845	
P =	Contenido total de humedad evaporable	$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$	%	15,54	14,78	16,09
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ÁRIDO GRUESO ARM			%	15,47		


Anexo 32

Determinación de la resistencia de compresión de cilindros de hormigón de cemento hidráulico

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN											
		FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO											
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO												
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ												
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO												
MUESTRA:	CILINDROS ELABORADOS EN LABORATORIO DE SUELOS												
NORMA ENSAYO:	ASTM C 39-05 / NTE INEN 1573												
Identificación Cilindro	Código de Muestra	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	N° de días	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm2)	Resistencia a la compresión (MPa)	Promedio Resistencia a la compresión (Mpa)	Promedio Resistencia a la compresión (Mpa)
Diseño Agregado de Hormigón	1	10/6/2022	17/6/2022	7	10,2	20,3	3,649	2200	2680	33	3,24	3,24	3,24
Diseño Agregado de Hormigón	2	10/6/2022	24/6/2022	14	10,1	20,3	3,736	2297	2790	35	3,43	3,43	3,43
Diseño Agregado de Hormigón	3	10/6/2022	8/7/2022	28	10,2	20,1	3,698	2252	4300	53	5,2	5,2	5,2
Diseño ARM 25%	1	22/6/2022	29/6/2022	7	10,2	20,2	3,605	2184	1750	21	2,06		
Diseño ARM 25%	2	22/6/2022	29/6/2022	7	10,2	20,4	3,576	2145	1630	20	1,96	2,16	
Diseño ARM 25%	3	22/6/2022	29/6/2022	7	10,2	20,4	3,664	2198	2010	25	2,45		
Diseño ARM 25%	4	22/6/2022	6/7/2022	14	10,15	20,3	3,68	2240	2730	34	3,33		
Diseño ARM 25%	5	22/6/2022	6/7/2022	14	10,05	20,3	3,61	2242	2830	36	3,53	3,5	3,51
Diseño ARM 25%	6	22/6/2022	6/7/2022	14	10,1	20,2	3,61	2231	2950	37	3,63		
Diseño ARM 25%	7	22/6/2022	20/7/2022	28	10,2	20,15	3,56	2162	4360	53	5,2		
Diseño ARM 25%	8	22/6/2022	20/7/2022	28	10,15	19,9	3,53	2192	3720	46	4,51	4,87	
Diseño ARM 25%	9	22/6/2022	20/7/2022	28	10,3	20	3,61	2166	4160	50	4,9		
Diseño ARM 50%	1	23/6/2022	30/6/2022	7	10,25	20,4	3,1614	1878	2440	30	2,94		
Diseño ARM 50%	2	23/6/2022	30/6/2022	7	10,2	20,2	3,556	2154	2400	29	2,84	2,91	
Diseño ARM 50%	3	23/6/2022	30/6/2022	7	10,25	19,9	3,552	2163	2440	30	2,94		
Diseño ARM 50%	4	23/6/2022	7/7/2022	14	10,2	20,4	3,55	2130	3590	44	4,31		
Diseño ARM 50%	5	23/6/2022	7/7/2022	14	10,2	19,95	3,48	2135	3220	39	3,82	4,02	4,37
Diseño ARM 50%	6	23/6/2022	7/7/2022	14	10,1	20,3	3,53	2170	3220	40	3,92		
Diseño ARM 50%	7	23/6/2022	21/7/2022	28	10	20,3	3,56	2233	4910	63	6,18		
Diseño ARM 50%	8	23/6/2022	21/7/2022	28	10,2	20,3	3,63	2188	5180	63	6,18	6,18	
Diseño ARM 50%	9	23/6/2022	21/7/2022	28	10,2	20	0,56	343	5160	63	6,18		
Diseño ARM 75%	1	24/6/2022	1/7/2022	7	10,1	20,3	3,455	2124	3210	40	3,92		
Diseño ARM 75%	2	24/6/2022	1/7/2022	7	10,15	19,9	3,43	2130	3430	42	4,12	4,09	
Diseño ARM 75%	3	24/6/2022	1/7/2022	7	10,1	20,35	3,495	2144	3480	43	4,22		
Diseño ARM 75%	4	24/6/2022	8/7/2022	14	10,1	20,3	3,49	2146	4460	56	5,49		
Diseño ARM 75%	5	24/6/2022	8/7/2022	14	10,2	20	3,49	2136	4690	57	5,59	5,69	5,85
Diseño ARM 75%	6	24/6/2022	8/7/2022	14	10,3	20,4	3,54	2083	5070	61	5,98		
Diseño ARM 75%	7	24/6/2022	22/7/2022	28	10,2	20,3	3,49	2104	5690	70	6,86		
Diseño ARM 75%	8	24/6/2022	22/7/2022	28	10,2	20,4	3,56	2136	6640	81	7,94	7,78	
Diseño ARM 75%	9	24/6/2022	22/7/2022	28	10,15	20	33,49	20695	7040	87	8,53		
Diseño ARM 100%	1	29/6/2022	6/7/2022	7	10,2	19,9	3,34	2054	3020	37	3,63		
Diseño ARM 100%	2	29/6/2022	6/7/2022	7	10,1	20,1	3,35	2080	2130	27	2,65	3,24	
Diseño ARM 100%	3	29/6/2022	6/7/2022	7	10,15	20,2	3,36	2056	2810	35	3,43		
Diseño ARM 100%	4	29/6/2022	13/7/2022	14	10,3	20,3	3,44	2034	4140	50	4,9		
Diseño ARM 100%	5	29/6/2022	13/7/2022	14	10,25	20,3	3,43	2048	3520	43	4,22	4,67	4,95
Diseño ARM 100%	6	29/6/2022	13/7/2022	14	10,2	20,15	3,35	2035	4120	50	4,9		
Diseño ARM 100%	7	29/6/2022	27/7/2022	28	10,3	19	3,4	2148	6290	75	7,35		
Diseño ARM 100%	8	29/6/2022	27/7/2022	28	10,1	20,2	3,36	2076	4880	61	5,98	6,93	
Diseño ARM 100%	9	29/6/2022	27/7/2022	28	10,2	20,2	3,47	2102	6170	76	7,45		


Anexo 33

Determinación de la resistencia a la compresión de bloques de hormigón de cemento hidráulico

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO												
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO													
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ													
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO													
MUESTRA:	BLOQUES ELABORADOS EN BLOQUERAS ARTESANALES													
NORMA ENSAYO:	ASTM C 39-05 / NTE INEN 3066													
Identificación Bloques	Código de Muestra	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	N° de días	(Ab) Área bruta (cm ²)	(An) Área neta (cm ²)	Volumen neto (cm ³)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/cm ³)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión Ab (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión An (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión An (Mpa)	Promedio de resistencia a la compresión An (Mpa)
Diseño de Bloque de Hormigón	1	8/7/2022	15/7/2022	7	600	300	7300	18,17	2489	13246,11	22	44	4,31	
Diseño Agregado de Hormigón	2	8/7/2022	15/7/2022	7	600	300	7300	16,97	2325	10329,72	17	34	3,33	3,82
Diseño Agregado de Hormigón	3	8/7/2022	15/7/2022	7	600	300	7300	18	2466	11787,915	20	39	3,82	
Diseño Agregado de Hormigón	4	8/7/2022	5/8/2022	28	600	300	7300	17,49	2396	21954,49	37	73	7,16	
Diseño Agregado de Hormigón	5	8/7/2022	5/8/2022	28	600	300	7300	17,88	2449	20.496	34	68	6,67	6,7
Diseño Agregado de Hormigón	6	8/7/2022	5/8/2022	28	600	300	7300	18,45	2527	19089,08	32	64	6,27	
Diseño ARM 25%	1	8/7/2022	15/7/2022	7	600	300	7300	16,56	2268	10339,758	17	34	3,33	
Diseño ARM 25%	2	8/7/2022	15/7/2022	7	600	300	7300	17,17	2352	15071,166	25	50	4,9	3,82
Diseño ARM 25%	3	8/7/2022	15/7/2022	7	600	300	7300	17,33	2374	9993,06	17	33	3,24	
Diseño ARM 25%	4	8/7/2022	5/8/2022	28	600	300	7300	16,73	2292	11277,882	19	38	3,73	
Diseño ARM 25%	5	8/7/2022	5/8/2022	28	600	300	7300	17,01	2330	19088,784	32	64	6,27	5,26
Diseño ARM 25%	6	8/7/2022	5/8/2022	28	600	300	7300	16,95	2322	17834,553	30	59	5,78	
Diseño ARM 50%	1	7/7/2022	14/7/2022	7	600	300	7300	15,65	2144	9554,589	16	32	3,14	
Diseño ARM 50%	2	7/7/2022	15/7/2022	8	600	300	7300	15,8	2164	15264,909	25	51	5	3,92
Diseño ARM 50%	3	7/7/2022	16/7/2022	9	600	300	7300	16,12	2208	10961,775	18	37	3,63	
Diseño ARM 50%	4	7/7/2022	8/8/2022	32	600	300	7300	15,67	2147	11175,912	19	37	3,63	
Diseño ARM 50%	5	7/7/2022	8/8/2022	32	600	300	7300	16,14	2211	14510,331	24	48	4,71	4,71
Diseño ARM 50%	6	7/7/2022	8/8/2022	32	600	300	7300	15,82	2167	17844,75	30	59	5,78	
Diseño ARM 75%	1	7/7/2022	14/7/2022	7	600	300	7300	16,51	2262	7362,234	12	25	2,45	
Diseño ARM 75%	2	7/7/2022	15/7/2022	8	600	300	7300	17,21	2358	10166,409	17	34	3,33	2,97
Diseño ARM 75%	3	7/7/2022	16/7/2022	9	600	300	7300	17,02	2332	9595,377	16	32	3,14	
Diseño ARM 75%	4	7/7/2022	8/8/2022	32	600	300	7300	16,59	2273	8687,844	14	29	2,84	
Diseño ARM 75%	5	7/7/2022	8/8/2022	32	600	300	7300	16,83	2305	13505,417	23	45	4,41	4,41
Diseño ARM 75%	6	7/7/2022	8/8/2022	32	600	300	7300	16,77	2297	18324,009	31	61	5,98	
Diseño ARM 100%	1	7/7/2022	14/7/2022	7	600	300	7300	15,6	2137	6923,763	12	23	2,25	
Diseño ARM 100%	2	7/7/2022	15/7/2022	8	600	300	7300	15,86	2173	10635,471	18	35	3,43	2,74
Diseño ARM 100%	3	7/7/2022	16/7/2022	9	600	300	7300	15,81	2166	7800,705	13	26	2,55	
Diseño ARM 100%	4	7/7/2022	8/8/2022	32	600	300	7300	16,22	2222	10655,865	18	36	3,53	
Diseño ARM 100%	5	7/7/2022	8/8/2022	32	600	300	7300	15,51	2125	11655,171	19	39	3,82	4,25
Diseño ARM 100%	6	7/7/2022	8/8/2022	32	600	300	7300	16	2192	16376,382	27	55	5,39	


Anexo 34

Determinación del contenido de absorción, humedad y densidad; Bloque de hormigón con RCD 0%

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO				
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO					
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ					
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ABSORCIÓN, HUMEDAD Y DENSIDAD					
MUESTRA:	BLOQUE DE HORMIGÓN EXPERIMENTAL REALIZADOS EN BLOQUERAS SEMI-INDUSTRIALIZADAS					
NORMA ENSAYO:	NTE INEN 3066					
BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO						
NTE INEN 3066						
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 0%						
Descripción		Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	
Ms =	Masa de la muestra saturada	Kg	17,19	17,38	18,15	
Mi =	Masa de la muestra sumergida	Kg	10,25	10,45	11,57	
Md =	Masa de la muestra secada al horno	Kg	16,33	16,58	17,33	
Kg/m3 =	Absorción	$= \frac{(Ms - Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m3	123,92	115,44	124,62
% =	Porcentaje de absorción	$= \frac{(Ms - Md)}{Md} \times 100$	%	5,27	4,83	4,73
PROMEDIO CONTENIDO ABSORCIÓN			Kg/m3	121,33		
PROMEDIO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN			%	4,94		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 0%						
Descripción		Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	
Mr =	Masa de la muestra tal como se recibe	Kg	16,41	16,74	17,57	
Md =	Masa de la muestra secada al horno	Kg	16,33	16,58	17,33	
Ms =	Masa de la muestra saturada	Kg	17,19	17,38	18,15	
Ch =	Contenido de humedad	$\% = \frac{(Mr - Md)}{(Ms - Md)} \times 100$	%	9,3	20	29,27
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD			%	19,52		
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 0%						
Descripción		Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	
Ms =	Masa de la muestra saturada	Kg	17,19	17,38	18,15	
Mi =	Masa de la muestra sumergida	Kg	10,25	10,45	11,57	
Md =	Masa de la muestra secada al horno	Kg	16,33	16,58	17,33	
D =	Densidad	$D = \frac{(Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m3	2353,03	2392,5	2633,74
PROMEDIO DENSIDAD			Kg/m3	2460		


Anexo 35

Determinación del contenido de absorción, humedad y densidad; Bloque de hormigón con RCD 25%

 UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO																																									
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO																																								
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ																																								
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ABSORCIÓN, HUMEDAD Y DENSIDAD																																								
MUESTRA:	BLOQUE DE HORMIGÓN EXPERIMENTAL REALIZADOS EN BLOQUERAS SEMI-INDUSTRIALIZADAS																																								
NORMA ENSAYO:	NTE INEN 3066																																								
BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO NTE INEN 3066																																									
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 25%																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unidad</th> <th>Muestra # 1</th> <th>Muestra # 2</th> <th>Muestra # 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ms = Masa de la muestra saturada</td> <td>Kg</td> <td>16,83</td> <td>16,25</td> <td>16,34</td> </tr> <tr> <td>Mi = Masa de la muestra sumergida</td> <td>Kg</td> <td>9,78</td> <td>9,68</td> <td>10,34</td> </tr> <tr> <td>Md = Masa de la muestra secada al horno</td> <td>Kg</td> <td>15,4</td> <td>15,45</td> <td>15,33</td> </tr> <tr> <td>Kg/m3 = Absorción $= \frac{(Ms - Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$</td> <td>Kg/m3</td> <td>202,84</td> <td>121,77</td> <td>168,33</td> </tr> <tr> <td>% = Porcentaje de absorción $= \frac{(Ms - Md)}{Md} \times 100$</td> <td>%</td> <td>9,29</td> <td>5,18</td> <td>6,59</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO CONTENIDO ABSORCIÓN</td> <td>Kg/m3</td> <td colspan="3">164,31</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</td> <td>%</td> <td colspan="3">7,02</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	Ms = Masa de la muestra saturada	Kg	16,83	16,25	16,34	Mi = Masa de la muestra sumergida	Kg	9,78	9,68	10,34	Md = Masa de la muestra secada al horno	Kg	15,4	15,45	15,33	Kg/m3 = Absorción $= \frac{(Ms - Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m3	202,84	121,77	168,33	% = Porcentaje de absorción $= \frac{(Ms - Md)}{Md} \times 100$	%	9,29	5,18	6,59	PROMEDIO CONTENIDO ABSORCIÓN	Kg/m3	164,31			PROMEDIO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	7,02		
Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3																																					
Ms = Masa de la muestra saturada	Kg	16,83	16,25	16,34																																					
Mi = Masa de la muestra sumergida	Kg	9,78	9,68	10,34																																					
Md = Masa de la muestra secada al horno	Kg	15,4	15,45	15,33																																					
Kg/m3 = Absorción $= \frac{(Ms - Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m3	202,84	121,77	168,33																																					
% = Porcentaje de absorción $= \frac{(Ms - Md)}{Md} \times 100$	%	9,29	5,18	6,59																																					
PROMEDIO CONTENIDO ABSORCIÓN	Kg/m3	164,31																																							
PROMEDIO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	7,02																																							
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 25%																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unidad</th> <th>Muestra # 1</th> <th>Muestra # 2</th> <th>Muestra # 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mr = Masa de la muestra tal como se recibe</td> <td>Kg</td> <td>15,57</td> <td>15,56</td> <td>15,48</td> </tr> <tr> <td>Md = Masa de la muestra secada al horno</td> <td>Kg</td> <td>15,40</td> <td>15,45</td> <td>15,33</td> </tr> <tr> <td>Ms = Masa de la muestra saturada</td> <td>Kg</td> <td>16,83</td> <td>16,25</td> <td>16,34</td> </tr> <tr> <td>Ch = Contenido de humedad $\% = \frac{(Mr - Md)}{(Ms - Md)} \times 100$</td> <td>%</td> <td>11,89</td> <td>13,75</td> <td>14,85</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td>%</td> <td colspan="3">13,5</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	Mr = Masa de la muestra tal como se recibe	Kg	15,57	15,56	15,48	Md = Masa de la muestra secada al horno	Kg	15,40	15,45	15,33	Ms = Masa de la muestra saturada	Kg	16,83	16,25	16,34	Ch = Contenido de humedad $\% = \frac{(Mr - Md)}{(Ms - Md)} \times 100$	%	11,89	13,75	14,85	PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD	%	13,5												
Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3																																					
Mr = Masa de la muestra tal como se recibe	Kg	15,57	15,56	15,48																																					
Md = Masa de la muestra secada al horno	Kg	15,40	15,45	15,33																																					
Ms = Masa de la muestra saturada	Kg	16,83	16,25	16,34																																					
Ch = Contenido de humedad $\% = \frac{(Mr - Md)}{(Ms - Md)} \times 100$	%	11,89	13,75	14,85																																					
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD	%	13,5																																							
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 25%																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unidad</th> <th>Muestra # 1</th> <th>Muestra # 2</th> <th>Muestra # 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ms = Masa de la muestra saturada</td> <td>Kg</td> <td>16,83</td> <td>16,25</td> <td>16,34</td> </tr> <tr> <td>Mi = Masa de la muestra sumergida</td> <td>Kg</td> <td>9,78</td> <td>9,68</td> <td>10,34</td> </tr> <tr> <td>Md = Masa de la muestra secada al horno</td> <td>Kg</td> <td>15,4</td> <td>15,45</td> <td>15,33</td> </tr> <tr> <td>D = Densidad $D = \frac{(Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$</td> <td>Kg/m3</td> <td>2184,4</td> <td>2351,6</td> <td>2555</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO DENSIDAD</td> <td>Kg/m3</td> <td colspan="3">2364</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3	Ms = Masa de la muestra saturada	Kg	16,83	16,25	16,34	Mi = Masa de la muestra sumergida	Kg	9,78	9,68	10,34	Md = Masa de la muestra secada al horno	Kg	15,4	15,45	15,33	D = Densidad $D = \frac{(Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m3	2184,4	2351,6	2555	PROMEDIO DENSIDAD	Kg/m3	2364												
Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3																																					
Ms = Masa de la muestra saturada	Kg	16,83	16,25	16,34																																					
Mi = Masa de la muestra sumergida	Kg	9,78	9,68	10,34																																					
Md = Masa de la muestra secada al horno	Kg	15,4	15,45	15,33																																					
D = Densidad $D = \frac{(Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m3	2184,4	2351,6	2555																																					
PROMEDIO DENSIDAD	Kg/m3	2364																																							


Anexo 36

Determinación del contenido de humedad, humedad y densidad; bloque de hormigón con RCD 50%

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO		
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO			
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ			
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ABSORCIÓN, HUMEDAD Y DENSIDAD			
MUESTRA:	BLOQUE DE HORMIGÓN EXPERIMENTAL REALIZADOS EN BLOQUERAS SEMI-INDUSTRIALIZADAS			
NORMA ENSAYO:	NTE INEN 3066			
BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO				
NTE INEN 3066				
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 50%				
Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
Ms = Masa de la muestra saturada	Kg	16,83	16,73	16,93
Mi = Masa de la muestra sumergida	Kg	9,78	9,68	9,76
Md = Masa de la muestra secada al horno	Kg	15,4	15,45	15,44
Kg/m ³ = Absorción $= \frac{(Ms - Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m ³	202,84	181,56	207,81
% = Porcentaje de absorción $= \frac{(Ms - Md)}{Md} \times 100$	%	9,29	8,28	9,65
PROMEDIO CONTENIDO ABSORCIÓN		Kg/m³		197,4
PROMEDIO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		%		9,07
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 50%				
Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
Mr = Masa de la muestra tal como se recibe	Kg	15,56	15,59	15,51
Md = Masa de la muestra secada al horno	Kg	15,40	15,45	15,44
Ms = Masa de la muestra saturada	Kg	16,83	16,73	16,93
Ch = Contenido de humedad $\% = \frac{(Mr - Md)}{(Ms - Md)} \times 100$	%	11,19	10,94	4,7
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD		%		8,94
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 50%				
Descripción	Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
Ms = Masa de la muestra saturada	Kg	16,83	16,73	16,93
Mi = Masa de la muestra sumergida	Kg	9,78	9,68	9,76
Md = Masa de la muestra secada al horno	Kg	15,4	15,45	15,44
D = Densidad $D = \frac{(Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m ³	2184,4	2191,49	2153,42
PROMEDIO DENSIDAD		Kg/m³		2176


Anexo 37

Determinación del contenido de humedad, humedad y densidad; bloque de hormigón con RCD 75%

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO			
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO				
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ				
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ABSORCIÓN, HUMEDAD Y DENSIDAD				
MUESTRA:	BLOQUE DE HORMIGÓN EXPERIMENTAL REALIZADOS EN BLOQUERAS SEMI-INDUSTRIALIZADAS				
NORMA ENSAYO:	NTE INEN 3066				
BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO NTE INEN 3066					
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 75%					
Descripción		Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
Ms =	Masa de la muestra saturada	Kg	15,82	15,95	15,75
Mi =	Masa de la muestra sumergida	Kg	9,01	9,35	8,96
Md =	Masa de la muestra secada al horno	Kg	14,05	14,13	13,99
Kg/m ³ =	Absorción $= \frac{(Ms - Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m ³	259,91	275,76	259,2
% =	Porcentaje de absorción $= \frac{(Ms - Md)}{Md} \times 100$	%	12,6	12,88	12,58
PROMEDIO CONTENIDO ABSORCIÓN		Kg/m³	264,96		
PROMEDIO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		%	12,69		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 75%					
Descripción		Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
Mr =	Masa de la muestra tal como se recibe	Kg	14,14	14,27	14,09
Md =	Masa de la muestra secada al horno	Kg	14,05	14,13	13,99
Ms =	Masa de la muestra saturada	Kg	15,82	15,95	15,75
Ch =	Contenido de humedad $\% = \frac{(Mr - Md)}{(Ms - Md)} \times 100$	%	5,08	7,69	5,68
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD		%	6,15		
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 75%					
Descripción		Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
Ms =	Masa de la muestra saturada	Kg	15,82	15,95	15,75
Mi =	Masa de la muestra sumergida	Kg	9,01	9,35	8,96
Md =	Masa de la muestra secada al horno	Kg	14,05	14,13	13,99
D =	Densidad $D = \frac{(Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m ³	2063,14	2140,91	2060,38
PROMEDIO DENSIDAD		Kg/m³	2088		

Anexo 38

Determinación del porcentaje de absorción, humedad y densidad; bloque de hormigón con RCD 100%

 Universidad Católica de Cuenca		UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO			
PROYECTO:	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) PROVENIENTES DE MAMPOSTERÍAS DE LADRILLO				
TESISTA:	SR. LUIS ALBERTO MENDOZA LÓPEZ				
ENSAYO:	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ABSORCIÓN, HUMEDAD Y DENSIDAD				
MUESTRA:	BLOQUE DE HORMIGÓN EXPERIMENTAL REALIZADOS EN BLOQUERAS SEMI-INDUSTRIALIZADAS				
NORMA ENSAYO:	NTE INEN 3066				
BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO NTE INEN 3066					
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 100%					
Descripción		Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
Ms =	Masa de la muestra saturada	Kg	16,00	16,14	16,47
Mi =	Masa de la muestra sumergida	Kg	8,81	8,98	8,65
Md =	Masa de la muestra secada al horno	Kg	14,13	14,19	14,42
Kg/m ³ =	Absorción $= \frac{(Ms - Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m ³	260,08	272,35	262,15
% =	Porcentaje de absorción $= \frac{(Ms - Md)}{Md} \times 100$	%	13,23	13,74	14,22
PROMEDIO CONTENIDO ABSORCIÓN		Kg/m³	264,86		
PROMEDIO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		%	13,73		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 100%					
Descripción		Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
Mr =	Masa de la muestra tal como se recibe	Kg	14,24	14,27	14,54
Md =	Masa de la muestra secada al horno	Kg	14,13	14,19	14,42
Ms =	Masa de la muestra saturada	Kg	16	16,14	16,47
Ch =	Contenido de humedad $\% = \frac{(Mr - Md)}{(Ms - Md)} \times 100$	%	5,88	4,1	5,85
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD		%	5,28		
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD; BLOQUE DE HORMIGÓN CON RCD 100%					
Descripción		Unidad	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 3
Ms =	Masa de la muestra saturada	Kg	16,00	16,14	16,47
Mi =	Masa de la muestra sumergida	Kg	8,81	8,98	8,65
Md =	Masa de la muestra secada al horno	Kg	14,13	14,19	14,42
D =	Densidad $D = \frac{(Md)}{(Ms - Mi)} \times 1000$	Kg/m ³	1965,23	1981,84	1843,99
PROMEDIO DENSIDAD		Kg/m³	1930		

Luis Alberto Mendoza López portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1400759419**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Fabricación de bloques de cemento con agregados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de mamposterías de ladrillos”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **15 de septiembre de 2022**

F:


Luis Alberto Mendoza López

C.I. 1400759419