



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE DISEÑO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
DISEÑADORA DE INTERIORES**

**TEMA**

**“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE BLOQUES DE  
CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE LA FABRICACIÓN DE LOS  
MISMOS, CON MATERIALES RECICLADOS COMO EL PET,  
CASCARILLA DE ARROZ, BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y  
CÁSCARA DE MANÍ”**

**TUTOR**

**MG. DIS. DUEÑAS BARBERÁN MARÍA EUGENIA**

**AUTORES**

**SHARON MICHELE JÁCOME VALHUBERT  
MARÍA JULIA SUNTAXI ALUISA**

**GUAYAQUIL**

**2019**

## REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

#### TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Análisis de las propiedades de bloques de construcción a partir de la fabricación de los mismos, con materiales reciclados como el PET, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cáscara de maní.

#### AUTOR/ES:

Sharon Michele Jácome Valhubert  
María Julia Suntaxi Aluisa

#### REVISORES O TUTORES:

MG. DIS. Dueñas Barberán María Eugenia

#### INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil

#### Grado obtenido:

Diseñadora De Interiores

#### FACULTAD:

INGENIERÍA INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN

#### CARRERA:

DISEÑO DE INTERIORES

#### FECHA DE PUBLICACIÓN:

2019

#### N. DE PAGS:

157

#### ÁREAS TEMÁTICAS:

Arte

#### PALABRAS CLAVE:

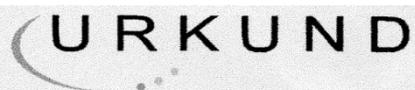
Desperdicio agrícola, plásticos, materiales de construcción, norma de construcción, Azúcar, Arroz.

#### RESUMEN:

El presente análisis trata sobre las propiedades de los bloques de construcción obtenidos con materiales reciclados tales como: el PET, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cáscara de maní con el fin de aprovechar los residuos orgánicos e inorgánicos en un proceso de elaboración de nuevos materiales, aprovechando la composición de los mismos al transformarlos en otros productos con iguales o mejores características que los

elementos tradicionales a través de ensayos establecidos en las normas de construcción que validan la calidad del producto.		
<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Jácome Valhubert Sharon Michele Suntaxi Aluisa María Julia	<b>Teléfono:</b> 0989889271 0980123394	<b>E-mail:</b> micjacval95@gmail.com sunamarj@hotmail.com
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Mg. Alex Salvatierra Espinoza, Decano <b>Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242</b> <b>E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec</b> MG. DIS. María Eugenia Dueñas Barberán, Directora <b>Teléfono: (04) 2596500 Ext. 209</b> <b>E-mail: mduenasb@ulvr.edu.ec</b>	

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: PRESENTAR PARA URKUND.docx (D54659937)  
Submitted: 8/2/2019 12:11:00 AM  
Submitted By: mduenasb@ulvr.edu.ec  
Significance: 1 %

### Sources included in the report:

Tesis viky&geraldine- para urkund.docx (D54445715)  
<https://www.slideshare.net/segundocorreamorán/cascarilla-de-arroz>

### Instances where selected sources appear:

2

A handwritten signature in black ink, which appears to be "Diana Elizabeth..." followed by a flourish. The signature is written over a light gray background.

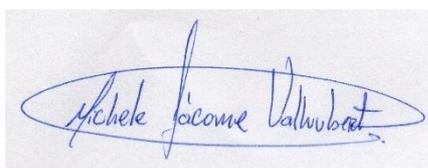
# DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los/as estudiantes/egresados/as SHARON MICHELE JACOME VALHUBERT, MARÍA JULIA SUNTAXI ALUISA, declaro (amos) bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los/as suscritos/as y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE LA FABRICACIÓN DE LOS MISMOS, CON MATERIALES RECICLADOS COMO EL PET, CASCARILLA DE ARROZ, BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y CÁSCARA DE MANÍ.

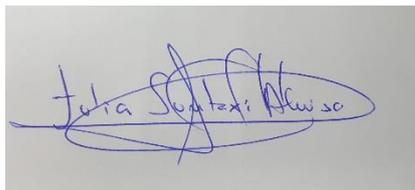
Autor(es)



Firma:

SHARON MICHELE JÁCOME VALHUBERT

C.I. 1207232842



Firma:

MARÍA JULIA SUNTAXI ALUISA

C.I. 0918896721

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Investigación ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE LA FABRICACIÓN DE LOS MISMOS, CON MATERIALES RECICLADOS COMO EL PET, CASCARILLA DE ARROZ, BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y CÁSCARA DE MANÍ, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE LA FABRICACIÓN DE LOS MISMOS, CON MATERIALES RECICLADOS COMO EL PET, CASCARILLA DE ARROZ, BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y CÁSCARA DE MANÍ”, presentado por los estudiantes **SHARON MICHELE JÁCOME VALHUBERT, MARÍA JULIA SUNTAXI ALUISA** como requisito previo, para optar al Título de **DISEÑADORAS DE INTERIORES** encontrándose apto para su sustentación



Firma:

**MG. DIS. MARÍA EUGENIA DUEÑAS BARBERÁN**

**C.I. 1303722365**

## **AGRADECIMIENTO 1**

A mi Familia, pero en especial a mis padres por brindarme el privilegio de jamás caminar sola, de ser los mejores maestros de vida que tengo, de enseñarme que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue, y que al final todos los sacrificios habrán valido la pena, que siempre tendrás momentos buenos y malos, solo debes ser fuerte para saberlos afrontar con inteligencia y serenidad. Todo esto va gracias a ustedes, por confiar incondicionalmente en mis decisiones. Es por ello que no me alcanza las palabras, ni la vida para explicar y agradecer lo mucho que los amo.

De mis profesores llevare siempre con gratitud y respeto todos los años de enseñanza y formación profesional, como lo es también de dos grandes personas que brindaron su tiempo y la atención necesaria para poder culminar con éxito nuestro proyecto de titulación. Gracias A mi tutora y maestra de carrera MG. DIS. María Eugenia Dueñas Barberán que sin su ayuda y conocimientos no hubiese sido posible realizar este proyecto, gracias por su paciencia y colaboración predispuesta cuando siempre la necesite. Al Ing. Milton Andrade Laborde por contar con su colaboración y conocimiento en nuestro proceso de tesis muchísimas gracias.

A mis amigos de clase, con los que he compartido grandes momentos a lo largo de todos estos años de carrera profesional. Solo queda decirles que jamás renuncien a este sueño ¡ánimo que lo pueden lograr!

A todos aquellos que siguen estando cerca de mí y que le regalan a mi vida algo de ellos.

## **DEDICATORIA 1**

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este. Me formaron con reglas y valores, que sirvieron de motivación constante para alcanzar mis anhelos.

Gracias Familia.

## **AGRADECIMIENTO 2**

Mi siempre gratitud a Dios por cada día que sigue en mi vida, a mis padres quienes, con su amor, valores, me han inculcado y formado en la persona que soy. A mis hermanos quienes están siempre prestos a ayudarme en cada vez que los necesite. Mi esposo quien me ha sabido comprender, apoyar, no solo en este proyecto sino en la vida.

Gracias a mi tutora MG. DIS. María Eugenia Dueñas Barberán por su paciencia y conocimientos que fue posible culminar el proyecto. Al Ing. Milton Andrade Laborde por su gran paciencia, apoyo, colaboración y guía. A los grandes compañeros cuando nos brindaron su tiempo para seguir en el proyecto.

Michele mi compañera de tesis gracias por tus consejos en no desmayar por situaciones que se presentaron en mi vida.

Gracias a todos ellos, porque esto ha sido posible.

## **DEDICATORIA 2**

Con amor a mi nuevo integrante en la familia que me ha llenado de tanta dulzura, mi hija Isabel Alejandra mi adoración. Para ti porque yo sé que serás tan fuerte y siempre caminaremos juntas mi amor en las buenas y en las malas.

## ÍNDICE GENERAL

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	II
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO.....	IV
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES .....	V
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR .....	VI
AGRADECIMIENTO 1 .....	VII
DEDICATORIA 1 .....	VII
AGRADECIMIENTO 2 .....	VIII
DEDICATORIA 2 .....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Tema.....	3
1.2 Planteamiento del Problema.....	3
1.3 Formulación Del Problema .....	5
1.4 Sistematización Del Problema.....	5
1.5 Objetivos .....	5
1.5.1 Objetivo General .....	5
1.5.2 Objetivos Específicos .....	5
1.6 Justificación.....	5
1.7 Delimitación o alcance de la investigación .....	7
1.8 Hipótesis de la investigación.....	7

1.9	Líneas de investigación institucional. Sociedad civil, derechos humanos y gestión de la comunicación. ....	7
CAPÍTULO II .....		8
MARCO TEÓRICO.....		8
2.1	Marco teórico referencial. ....	8
2.2	Antecedentes. ....	10
2.2.1	Bloques de Hormigón.....	14
2.2.2	Materiales Reciclados.....	16
2.3	Marco Conceptual .....	22
2.3.1	Diseño de Interiores.....	22
2.3.2	Elementos Básicos del Diseño .....	23
2.3.3	Principios Básicos del Diseño .....	24
2.4	Marco Legal .....	25
2.4.1	Constitución de la República del Ecuador .....	25
2.4.2	Ley de Gestión Ambiental del Ecuador .....	25
2.4.3	Norma Técnica Ecuatoriana (NTE).....	26
2.4.4	Procedimiento para Ensayos de Compresión y Absorción.....	27
CAPÍTULO III.....		30
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		30
3.1	Enfoque de la investigación .....	30
3.1.1	Enfoque Cuantitativo.....	30
3.1.2	Enfoque Cualitativo.....	31
3.2	Alcances en una investigación cuantitativa.....	31
3.2.1	Investigación Exploratoria.....	31
3.2.2	Investigación Descriptiva .....	32
3.2.3	Investigación Explicativa .....	32
3.2.4	Investigación Correlacional.....	32
3.3	Técnicas e Instrumentos .....	33
3.3.1	Encuesta.....	33
3.4	Población y muestra .....	33
3.5	Resultados de la investigación y análisis .....	34

CAPITULO IV .....	45
Propuesta.....	45
4.1 Tema.....	45
4.2 Descripción de la propuesta.....	45
4.3 Materiales y Herramientas Utilizadas .....	45
4.4 Diagrama de flujo del proceso.....	46
4.5 Obtención de la materia prima. ....	47
4.5.1 Pre-Lavado .....	50
4.5.2 Secado .....	52
4.5.3 Fabricación del Bloque.....	52
4.5.4 Experimentación.....	54
4.6 Prototipos Realizados .....	55
4.6.1 Pruebas de Densidad, Absorción y Humedad. ....	58
4.7 Pruebas de Compresión. ....	62
4.7.1 Bloques Mercado Tradicional. ....	66
4.8 Presupuesto referencial.....	69
4.9 Diseños en Ambiente de Interior.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
CONCLUSIONES .....	73
RECOMENDACIONES .....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Composición físico-química de la cascarilla. ....	18
<b>Tabla 2:</b> Composición química del bagazo. ....	19
<b>Tabla 3:</b> Composición química de la cáscara de maní. ....	21
<b>Tabla 4:</b> Materiales para mezcla y las normas técnicas que los rigen. ....	26
<b>Tabla 5:</b> Abreviatura para la formulación de cálculos. ....	29
<b>Tabla 6:</b> Residuos agroindustriales. ....	35
<b>Tabla 7:</b> Perjuicio al medio ambiente. ....	36
<b>Tabla 8:</b> Resistencia y durabilidad. ....	37
<b>Tabla 9:</b> Elaboración de bloques. ....	38
<b>Tabla 10:</b> Características. ....	39
<b>Tabla 11:</b> Disminución del problema ecológico. ....	40
<b>Tabla 12:</b> Método de reciclaje. ....	41
<b>Tabla 13:</b> Precio. ....	42
<b>Tabla 14:</b> Bloques similares. ....	43
<b>Tabla 15:</b> Posibilidad de adquisición. ....	44
<b>Tabla 16:</b> Materiales utilizados. ....	46
<b>Tabla 17:</b> Nombre de los Bloques. ....	53
<b>Tabla 18:</b> Dosificación de bloques con materiales pulverizados. ....	55
<b>Tabla 19:</b> Dosificación de bloques con materiales enteros. ....	55
<b>Tabla 20:</b> Dimensiones. ....	56
<b>Tabla 21:</b> Imágenes de los prototipos con materiales pulverizados. ....	57
<b>Tabla 22:</b> Imágenes de los prototipos con materiales enteros. ....	58
<b>Tabla 23:</b> Pruebas de densidad, absorción y humedad con materiales pulverizados. ....	59
<b>Tabla 24:</b> Pruebas de densidad, absorción y humedad con materiales enteros. ....	61
<b>Tabla 25:</b> Pruebas de Compresión con materiales pulverizados. ....	63
<b>Tabla 26:</b> Pruebas de Compresión con materiales enteros. ....	65
<b>Tabla 27:</b> Dimensiones y Volumen de Bloques Comerciales. ....	66
<b>Tabla 28:</b> Pruebas de densidad, absorción y humedad. ....	67
<b>Tabla 29:</b> Pruebas de Compresión. ....	68
<b>Tabla 30:</b> Presupuesto Referencial. ....	69
<b>Tabla 31:</b> Especificaciones técnicas y precios de bloques tradicionales. ....	70
<b>Tabla 32:</b> Especificaciones técnicas bloques M + A + B4, A + B4. ....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Prototipos de bloques creados por Anderson</i> .....	8
<i>Figura 2. Bloques elaborados por Eco Ladrillos, México</i> .....	12
<i>Figura 3. Bloques elaborados en Venezuela (izq.) y Uruguay.</i> .....	13
<i>Figura 4. Catálogo de Acabados para Bloques de Concreto</i> .....	14
<i>Figura 5. Colores Disponibles en el Catálogo de Bloques de Concreto</i> .....	14
<i>Figura 6. Construcciones con Bloques de National Masonry</i> .....	14
<i>Figura 7. Nomenclatura de las partes de un bloque de hormigón</i> .....	15
<i>Figura 8. Cascarella de arroz</i> .....	17
<i>Figura 9. Bagazo de caña de azúcar (izq.) y Maní en Cáscara</i> .....	19
<i>Figura 10. Símbolos de los tipos de plásticos</i> .....	21
<i>Figura 11. Pellets de PET provenientes de botellas recicladas</i> .....	22
<i>Figura 12. Equipo utilizado en el ensayo a compresión</i> .....	28
<i>Figura 13. Residuos agroindustriales</i> .....	35
<i>Figura 14. Perjuicio al medio ambiente</i> .....	36
<i>Figura 15. Resistencia y durabilidad</i> .....	37
<i>Figura 16. Elaboración de bloques</i> .....	38
<i>Figura 17. Características</i> .....	39
<i>Figura 18. Disminución del problema ecológico</i> .....	40
<i>Figura 19. Método de reciclaje</i> .....	41
<i>Figura 20. Precio</i> .....	42
<i>Figura 21. Bloques similares</i> .....	43
<i>Figura 22. Posibilidad de adquisición</i> .....	44
<i>Figura 23. Estructura de la propuesta</i> .....	46
<i>Figura 24. Bagazo de caña de azúcar.</i> .....	48
<i>Figura 25. Cascarella de arroz</i> .....	48
<i>Figura 26. Máquina para extraer la Cáscara de maní</i> .....	49
<i>Figura 27. Máquina de triturar y pulverizar el plástico</i> .....	49
<i>Figura 28. Procedimiento de los bloques.</i> .....	50
<i>Figura 29. Tratamientos de los residuos.</i> .....	51
<i>Figura 30. Material expuesto al sol.</i> .....	52
<i>Figura 31. Mezcla de los residuos para la fabricación del bloque.</i> .....	53
<i>Figura 32. Vista superior del bloque</i> .....	56
<i>Figura 33. Vista lateral del bloque</i> .....	56
<i>Figura 34. Vista frontal del bloque</i> .....	57
<i>Figura 35. Pruebas de densidad, absorción y humedad M + A1.</i> .....	60
<i>Figura 36. Pruebas de densidad, absorción y humedad. A + B4 &amp; M + A + B4</i> .....	62
<i>Figura 37. Máquina de compresión</i> .....	62
<i>Figura 38. Ensayos de compresión</i> .....	63
<i>Figura 39. Pruebas de Compresión con materiales pulverizados.</i> .....	64
<i>Figura 40. Pruebas de Compresión con materiales enteros</i> .....	66

<i>Figura 41. Pruebas de densidad, absorción y humedad.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 42. Pruebas de compresión.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 43. Bloque con material reciclado aplicado a fachada de cafetería.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 44. Bloque con material reciclado en interior de cafetería.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 45. Bloque con material reciclado en interior de cafetería.....</i>	<i>72</i>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Normas INEN.....	83
<b>Anexo 2.</b> Ensayos de bloques con materiales pulverizados y enteros. ....	124
<b>Anexo 3.</b> Bloque con material reciclado en fachada de local y planta arquitectónica. .....	126
<b>Anexo 4.</b> Bloque con material reciclado en instalación de pared .....	127
<b>Anexo 5.</b> Evidencia fotográfica, obtención de los materiales, pre-lavados y bloques. .....	129

## INTRODUCCIÓN

El presente análisis trata sobre las propiedades de los bloques de construcción obtenidos con materiales reciclados tales como: el PET, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cáscara de maní con el fin de aprovechar los residuos orgánicos e inorgánicos en un proceso de elaboración de nuevos materiales, aprovechando la composición de los mismos al transformarlos en otros productos con iguales o mejores características que los elementos tradicionales a través de ensayos establecidos en las normas de construcción que validan la calidad del producto.

Los principales problemas de contaminación generados hoy en día por parte de la sociedad, hacen que aquellos desperdicios, sean arrojados a las calles, rellenos sanitarios, terrenos baldíos, formando en ellos grandes cerros que generan malos olores, consecuencia de la descomposición y exposición a altas temperaturas. Ocasionando en ciertos residuos que hacen que su proceso de degradación sea muy pausado creando el desarrollo y la llegada de roedores, plagas, bacterias, virus, hongos, esporas, causando enfermedades perjudiciales en los pulmones de las personas, sobrellevando problemas de salud grave.

Bajo esta necesidad se busca obtener un bloque de construcción óptimo adicionando los materiales agroindustriales y plásticos reciclados, fabricando de esta manera un elemento que aporte beneficios a la sociedad y al medio ambiente, iniciando con el prelavado de estos para lograr un resultado óptimo al momento de fraguar la mezcla puesto que estos materiales contienen mucha humedad y sacarosa y demás componentes que pueden tener estos desechos. Llegando así a la experimentación de diferentes proporciones, variando en este caso las mezclas, y consiguiendo un número determinado para llevar a cabo el bloque y los estudios comparativos representados en las pruebas de resistencia, absorción y densidad seleccionando de estos resultados el espécimen idóneo para elaborarlo en gran magnitud exponiéndolo en el tema investigativo como alcance final de ello.

El proyecto se desarrolló bajo una estructura dividida por varios capítulos, los cuales se detallan a continuación de manera breve:

En el **Capítulo I** se describe todo lo relacionado al planteamiento del problema, la formulación del problema, la sistematización, los objetivos, la justificación, delimitación, la hipótesis y variables del estudio.

Dentro del **Capítulo II** se estructura el marco teórico referencial, conceptual y legal, los cuales estarán respectivamente citados y referenciados a partir de fuentes válidas para otorgar el sustento científico al proyecto.

En el **Capítulo III** se refiere la metodología, donde se detallan y establecen los subtemas relacionados al enfoque, tipo, métodos, técnicas e instrumentos de investigación, se plantea la población y se presentan los resultados obtenidos del estudio primario.

Dentro del **Capítulo IV**, se detalla la propuesta guiada bajo la previa descripción de la misma, se establecen los materiales y herramientas a emplearse, así como se desarrolla el proyecto, se efectúan y presentan diagramas, figuras y tablas relacionadas con las pruebas del laboratorio.

Finalmente se establecen las conclusiones, recomendaciones, se presenta la bibliografía y anexos respectivos que complementarán el documento.

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Tema

Análisis de las propiedades de bloques de construcción a partir de la fabricación de los mismos, con materiales reciclados como el PET, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cáscara de maní.

### 1.2 Planteamiento del Problema

En estos tiempos reciclar se ha convertido en el reto que enfrenta la sociedad, consiste en tratar de eliminar todos los residuos existentes en el planeta por las actividades diarias que las diferentes poblaciones realizan. La sociedad actual no comprende lo que está ocurriendo en el planeta relacionado con los recursos naturales que se agotan aceleradamente por el despilfarro de muchos productos que a veces tardan un largo tiempo en producirse, pero solo tardan unos minutos en convertirse en un residuo.

Se vive en un constante consumo y los desperdicios que se generan se han convertido en un grave problema para el medio ambiente, ya que las personas están inmersas en la cultura de usar y arrojar, por lo que no existe una preparación para el reciclaje que haga concientizar a los individuos para mejorar su calidad de vida y la de los demás seres que habitan el planeta, provocando problemas como la acumulación de residuos en determinadas zonas o botaderos, formando cerros de desperdicios que en algunos casos desembocan en su incineración, generando gases, humos y polvo que contribuyen a la contaminación atmosférica.

Esta situación se ha originado en parte por la gestión inadecuada de los residuos sólidos y agroindustriales que están agravando a nivel mundial, originando una serie de problemas de salud pública grave como es la contaminación del aire, la tierra y el agua; la mala gestión de los mismos tiene efectos perjudiciales provocando también peligrosas consecuencias al entorno y la transmisión de enfermedades e infecciones, como también la llegada de roedores, insectos y otras plagas.

La producción de la caña de azúcar en la provincia del Guayas es cada vez más importante por las variedades que se pueden suministrar de la misma. Se puede encontrar varios ingenios azucareros en las zonas de: Milagro, Yaguachi, Marcelino

Maridueña, El Triunfo, La Troncal. Después de que esta caña de azúcar es procesada queda como restante el bagazo, que no es muy tratado en todos los ingenios azucareros de las zonas por el proceso lento en la degradación de la fibra.

La incrementación de estos despojos sólidos y agroindustriales que presenta el país es muy preocupante para el medio y para los que lo rodean ya sea por las enfermedades que causan o la forma como estos son eliminados tales como lo es la incineración de los mismos esparciendo ese humo al ambiente sin saber el sin número de sustancias tóxicas que liberan induciendo graves consecuencias a los moradores, otra actividad errada que realizan es lanzarlos a los ríos, contaminando el agua y dañando a especies marítimas, muchas de ellas protegidas por estar en peligro de extinción.

Estos desperdicios son arrojados también a las calles, rellenos sanitarios, terrenos baldíos, formando en ellos grandes cerros que generan malos olores consecuencia de la descomposición y exposición a altas temperaturas ya que en algunos de estos su proceso de degradación es muy pausado creando el desarrollo y la llegada de roedores, plagas, bacterias, virus, hongos, esporas, penetrando en los pulmones de las personas, causándole muchos problemas de salud entre ellos insuficiencia respiratoria, enfermedades infecciosas, alergias y daños en la piel, contaminado y perjudicando a los habitantes de sus alrededores.

Si bien se sabe no existe un control a este mal indiscriminado que se genera cada día, siempre habrá nuevos despojos que contaminen el planeta y siempre se buscará nuevas formas para aminorar el daño provocado.

En este proyecto de investigación se va a trabajar con materiales reciclados como: PET (tereftalato de polietileno), cascarilla de arroz, cáscara de maní, bagazo de caña de azúcar. Ecuador es un país con diferentes rutas de producción de materiales agroindustriales y generador de un sin número de desperdicios plásticos, de modo que se pueda poner en práctica todos los puntos que se citen en este proyecto.

En las zonas cercanas de Guayaquil tales como: el sur y suroeste del estero salado, isla trinitaria entre otros, el PET es un residuo que se puede encontrar en grandes cantidades por el uso cotidiano existente de botellas descartables de agua, aceites, bebidas alcohólicas entre otras.

En la provincia del Guayas se puede encontrar grandes productores de arroz, incluso se ha denominado a estos cantones como “la ruta del arroz” los cuales son: Lomas de Sargentillo, Isidro Ayora, Pedro Carbo, Samborondón, Salitre, Balzar,

Colimes, Palestina, Santa Lucía y Daule, se encuentran ubicados al menos a una hora y máximo a dos saliendo desde la ciudad de Guayaquil, son estos donde se proporciona grandes cantidades de desperdicios de cascarilla de arroz proveniente del proceso de limpieza del grano.

### **1.3 Formulación Del Problema**

¿De qué manera afectará a la población de la ciudad de Guayaquil la elaboración de bloques con diferentes materiales reciclados?

### **1.4 Sistematización Del Problema**

¿Qué ventajas puede tener la elaboración de estos nuevos bloques con materiales reciclados?

¿Serán estos bloques material apto para el proceso de construcción de interés social?

¿Cuál es el mercado objetivo para este proyecto?

### **1.5 Objetivos**

#### **1.5.1 Objetivo General**

Analizar los bloques de construcción para viviendas de interés social elaborados a partir de diferentes materiales reciclados.

#### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar las principales características de los materiales.
- Dosificar las mezclas de los diferentes bloques hasta conseguir la idónea.
- Experimentar el nuevo producto con pruebas físicas, mecánicas y químicas.

### **1.6 Justificación**

La razón por la cual se realiza este proyecto de investigación es la preocupación por la gran cantidad de desechos resultado de la producción de industrias, que, al no ser aprovechados, son acumulados o quemados, teniendo repercusión en la contaminación del hábitat de especies, además de la liberación de gases contaminantes a la atmósfera.

La cultura local no tiene conocimientos arraigados sobre el reciclaje de tales residuos; en la actualidad es posible su reutilización en nuevos procesos para la elaboración de productos con características similares y con las mismas funciones que tienen los bloques utilizados en la construcción; en este caso particularmente se tratará con desechos como el PET, bagazo de caña de azúcar, cáscara de maní y cascarilla de

arroz, que debido a la alta producción de los alimentos y plásticos de único uso derivados de estas industrias, son desechos que se encuentran en grandes cantidades y localizados en diferentes zonas dentro del país, lo que permite aprovechar esta oportunidad al buscar alternativas que conlleven a disminuir el impacto en el medio ambiente.

La reutilización de estos residuos se ha convertido en una gran ventaja ya que se podrá aprovechar en la conformación de un material de gran importancia como son los bloques de construcción, que dependiendo de sus propiedades podrían ser utilizados tanto en proyectos integrales de urbanizaciones como en grandes edificaciones dentro y fuera de la ciudad.

La importancia de este proyecto de investigación radica en la reutilización de desechos orgánicos e inorgánicos que se encuentran dando paso a la contaminación del medio ambiente, y la fabricación de un elemento de construcción que tenga o se asemeje en características tanto físicas como mecánicas a los bloques tradicionales que se encuentran actualmente en el mercado, de manera que surjan emprendimientos de este nuevo producto.

Se estará creando una alternativa innovadora; un bloque con residuos sólidos provenientes del mismo país, coadyuvantes en el ámbito de la construcción, brindado la oportunidad de ser un producto al alcance del público en general y que con el tiempo se consiga que estos desechos sean la fuente para la fabricación de bloques que cumplan con los estándares de calidad y sustentabilidad, con la posibilidad de llegar a obtener un producto con bajos costos aportando a un beneficio social y económico en pro de la ciudadanía y de la conservación del medio ambiente.

Este trabajo de investigación supone incrementar el conocimiento acerca de estos materiales y de los bloques que se pueden construir con ellos, para animar a nuevos investigadores a continuarlos y que, si es posible masificar su producción, más adelante esta traiga beneficios a la sociedad, al medio ambiente y a la industria de la construcción, por la sustentabilidad que ofrece el uso de materiales reciclados, el ahorro económico y la reducción de gases emitidos a la atmósfera que se traduce de la utilización de residuos que producen las industrias agrícolas y del plástico. Se prevé que la industria del bloque de cemento se base en estos estudios para aumentar su catálogo, incluyendo alternativas ecológicas de construcción, la apertura de nuevas

líneas de producción y el beneficio al incorporar personal, con nuevas oportunidades de trabajo en la industria del transporte, necesario para llevar la materia prima.

### **1.7 Delimitación o alcance de la investigación**

**Campo:** Educación Superior Pregrado

**Área:** Diseño de interiores

**Aspecto:** Investigación Experimental

**Tema:** Análisis de las propiedades de bloques de construcción a partir de la fabricación de los mismos, con materiales reciclados como el PET, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cáscara de maní.

**Delimitación Espacial:** Guayaquil

**Delimitación Temporal:** 2018 - 2019

### **1.8 Hipótesis de la investigación**

Con la elaboración de bloques de construcción de diferentes materiales reciclados se lograrán nuevos productos que participarán en la construcción de vivienda de interés social.

### **1.9 Líneas de investigación institucional. Sociedad civil, derechos humanos y gestión de la comunicación.**

**Dominio:** Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.

**Línea institucional:** territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

**Líneas de Facultad:** Materiales de construcción

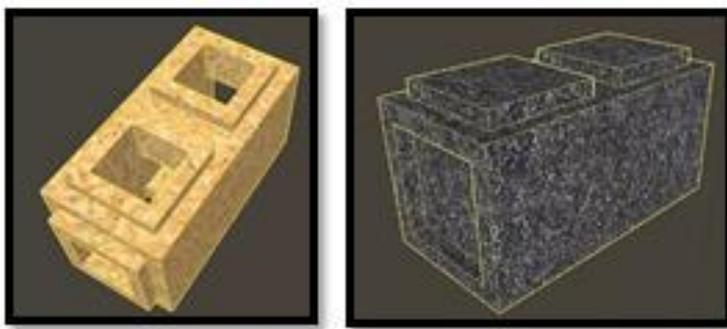
## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco teórico referencial.

Es a través de la revisión documental de distintas investigaciones que se hace referencia al marco teórico constituido por todos aquellos proyectos realizados por diferentes autores y que brindan la oportunidad de observar la factibilidad de sus investigaciones.

En Argentina hubo un proyecto a cargo del profesor Anderson (2016), que consistía en un bloque de autoconstrucción fabricado con dos materiales desarrollados mediante ingeniería: uno de concreto y madera llamado WCC1, mientras que el otro era de concreto y caucho con el nombre de RCC2; cada material tenía propiedades y brindaba al eco-block distintas aplicaciones y ventajas, la principal de ellas, la reducción del 47% de densidad en relación a bloques tradicionales contruidos con concreto, lo cual se traduce en reducción de la energía utilizada por la maquinaria para su producción y reducción de la energía utilizada para su transporte al destino final.



*Figura 1. Prototipos de bloques creados por Anderson*  
*Fuente: (Anderson, 2016)*

En Córdoba, Argentina se propone la elaboración de bloques que luego de la experimentación concluye en que, además de tener densidad menor a las de los bloques tradicionales, tienen mayor resistencia a la compresión, dependiendo de si la cáscara de maní reciba tratamiento con cal, previo al mezclado de los materiales, esto posiblemente porque el lavado con cal disminuye el contenido orgánico en las fibras, aumentando así su adherencia a los otros materiales contenidos en la mezcla (Gatani & Argüello, 2015).

En un análisis económico de la elaboración de bloques con PET realizado en Colombia, se encontró que además de que se está produciendo un bloque liviano, los valores económicos son positivos para los inversionistas, permitiendo recuperar la inversión al cabo de un año y medio, además de que la textura obtenida con este material es lisa por la que tiene aplicaciones en el diseño utilizando el bloque al desnudo (Piñeros & Herrera, 2018).

En Valle del Cauca, Colombia, se encontró que la ceniza de la cascarilla del arroz tiene una granulometría similar a la de los agregados finos por lo que pudo ser utilizada en este estudio para la elaboración de bloques con un reemplazo del 20% de dicho agregado, esto adicionado al proceso de mezclado en dos etapas, brinda a los bloques incremento en la resistencia a la compresión, con la desventaja de ser únicamente útiles para mampostería no estructural (Mattey, 2015).

Otro estudio, realizado en Guayaquil, experimenta con varias combinaciones de mezcla con diferentes niveles de porcentaje de cascarilla de arroz, concluyendo en que no siempre el mayor porcentaje de agregado residual conlleva mayor ahorro y recalca la importancia de escoger bien la dosificación a utilizar, además de revelar que no es recomendable adicionar ceniza de cascarilla de arroz a la mezcla del mortero, pues lo vuelve menos resistente a la compresión (Boanerges de la Pared, 2016).

Una investigación de factibilidad económica realizado en Guayaquil, concluye en que el negocio de elaboración de bloques con cascarilla de arroz para construcción de viviendas de interés social es factible, ya sea por la cantidad de desechos de esta industria encontrados en los alrededores de la provincia, como por la alta demanda de las familias por su requerimiento de tener vivienda propia; planteando además un tiempo de tres años para la recuperación de la inversión (Astudillo, 2015).

En una investigación para la elaboración de paneles de construcción realizado en Portoviejo, se concluye en que los materiales orgánicos como la cáscara de maní, son viables en la construcción de paneles termo-acústicos, ya que al concluir su elaboración, estos paneles presentan porosidades en su núcleo; el mismo estudio realizó entrevistas encontrando que más de dos terceras partes de la población entrevistada le parece agradable la idea de utilizar materiales reciclados para abaratar costos (García & Quiroz, 2018).

Se experimentó en Portoviejo, concluyendo en que el bloque para construcción de mampostería estructural elaborado con cemento y PET reciclado es un 25% más

económico que el bloque tradicional, lo cual representa un gran beneficio en una población de cuyos encuestados un 40% aproximadamente viven en casas construidas con materiales no convencionales como la caña y la madera (Doumet & Durán, 2018).

En la ciudad de Cuenca, un estudio indica que el PET triturado puede reemplazar en su totalidad los agregados gruesos de la mezcla, proveyendo además de ligereza a un producto final cuyas propiedades físicas serían similares a las de bloques tradicionales, este estudio también consigue reemplazar un porcentaje menor de agregados por vidrio triturado, pero con éste no se consigue aumentar la resistencia (Rodas & Ordóñez, 2016).

Se experimentó en Riobamba con el bagazo de caña de azúcar tratado con cal viva en la elaboración de bloques para mampostería liviana y se concluyó en que, gracias a la naturaleza porosa de este residuo y su capacidad de formar cuerpos heterogéneos, los bloques obtenidos, elaborados con las mismas medidas de los bloques tradicionales, superaban a estos en ligereza y resistencia a la compresión; se comprobó además que mientras más bagazo contenía la mezcla, menor era la densidad real del bloque (Pozo, 2015).

Experimentos realizados con bloques elaborados con fibras de cabuya tratadas con parafina en Quito, concluyeron en que utilizando esta fibra vegetal similar a la del bagazo es posible la obtención de bloques menos pesados, con una reducción del 4% del costo en comparación con los bloques de concreto convencionales, además que el tratamiento con parafina permite a la fibra vegetal disminuir su absorción de agua, lo que ayuda a repeler el líquido para que al momento de la mezcla, éste reaccione con el cemento de la manera que se espera (Zambrano A. , 2016).

Una investigación sobre elaboración de bloques fabricados con PET en la ciudad de Quito, también afirma que se presenciaba mayor resistencia a la compresión conforme mayor era el contenido de PET, y que el uso del PET implica también mayor uso de agua para la mezcla. También fue notorio que en la medida que se aumenta el porcentaje de PET para la mezcla, aumentar en cantidades mínimas el porcentaje de cemento ayuda a mejorar la consistencia y por tanto brinda mejores resultados (Pullaguari, 2016).

## **2.2 Antecedentes.**

Los primeros registros del uso del cemento se dan en la región del norte de Chile hace unos 5000 años, donde se encontró que las chozas de los aborígenes indígenas

estaban formadas por piedras unidas por un conglomerante resultado de la calcinación de algas. Los egipcios utilizaban para sus juntas morteros de yeso y cal en las uniones de sus pirámides. Los troyanos habrían tenido muros constituidos por piedras unidas con mortero de arcilla. El primer cemento de elaboración técnica aparece 100 años a. C. en bóvedas construidas en Roma. Los romanos realizaron su cemento mezclando cenizas volcánicas con cal viva, y fue una parte importante en su arquitectura, dando lugar a construcciones muy conocidas como el Panteón de Roma, construido en el año 27 a. C. destruido y reconstruido el siglo siguiente. Con la caída del imperio romano se habría perdido la fórmula que usaban para su cemento, y sería en el siglo XVIII que volviera a trabajarse en este preciado conglomerante (ProMateriales, 2017).

A lo largo de la historia la fórmula ha sido mejorada tanto en contenido como en proporciones. Las primeras mezclas tenían cantidades significativas de óxido de silicio y de aluminio, tierra de ladrillo y agua, hasta 1758, año en que el ingeniero inglés John Smeaton descubrió que, añadiendo piedra caliza a la mezcla, ésta era capaz de fraguar incluso bajo el agua, y lo llamó “hydraulic lime”, en español caliza hidráulica. Pero no fue hasta 1824 que Joseph Aspdin notó que la parte de la mezcla que al calentarse se fusionaba, y que usualmente era desechada, tenía propiedades superiores a las del cemento tradicional, así que empezó a realizar este proceso, llamado sinterización, a toda la mezcla, lo cual fue determinante en la obtención de la patente, y llamaron Portland al cemento obtenido, en honor a la región donde se realizaron sus investigaciones. Actualmente la definición de cemento Portland varía de país a país, pero por lo general es descrito como una mezcla de materiales arcillosos y calcáneos con yeso, sinterizado y luego pulverizado a una granulometría muy fina (Wansbrough, 2017).

La industria moderna de elaboración de bloques de hormigón en América empieza a finales del siglo XIX, con Harmon S. Palmer, un ciudadano norteamericano que patentó en 1887 el primer molde de bloques de concreto, y que más adelante patentaría varias máquinas de bloques rectangulares para construcción, esto con la ventaja del incremento en la demanda del cemento desde la temprana década de 1890 (Stansbury, 2016).

El objetivo de Palmer habría sido la producción de edificaciones menos complejas y por tanto más económicas, al mismo tiempo que sean eficientes y provean protección ante los fenómenos naturales.

Sólo tomaría un par de años para que, en 1904, la máquina de bloques de concreto de Palmer llegara a Nueva Zelanda, donde Niels Nielsen promocionaría bloques huecos de concreto, aislantes de corrientes de aire comunes de esa región, bloques bien ventilados y a prueba de humedad, que prometían durar varios siglos. Pronto se estarían construyendo almacenes y otras residencias alrededor de la fábrica de Nielsen en la bahía de Lyall, de Wellington, Nueva Zelanda. A lo largo de la siguiente década el uso del bloque hueco de concreto se extendería a otros lugares de Nueva Zelanda, dándose en 1919 la publicación de “Información Concreta: manual práctico para toda clase de usuario del concreto” un amplio manual sobre el uso del concreto en todo tipo de edificación (Isaacs, 2016).

El eco bloque o eco-block, nace de investigaciones realizadas en el año 2006 en la Universidad Politécnica de Hong Kong, que concluyeron en que además del beneficio de la reutilización de varios cientos de toneladas de desechos de vidrio, el eco-block tenía la capacidad de remover el CO<sub>2</sub> del aire, lo cual le daba además lo llevó a ganar varios premios desde el año en que fue creado (POON, 2015).

En México existe una alternativa de eco-blocks compuestos por tepetate, una arcilla bastante abundante en muchas zonas de ese país, y por concreto reciclado de construcciones anteriores; propuesta que obtuvo el primer lugar en el Global James McGuire Business Plan Competition, un concurso internacional para emprendedores con sede en Florida, en su edición del año 2013. Se puede conocer así al eco ladrillo, modular, con la ventaja de reducción del 70% en uso de mortero de pega, y el eco ladrillo 2.0, que al ser de concreto reciclado tiene ventajas ambientales y económicas (EcoLadrillos, 2018).



*Figura 2. Bloques elaborados por Eco Ladrillos, México  
Fuente: (EcoLadrillos, 2018)*

Emprendimientos de bloques con tierra arcillosa se realizan en Uruguay según lo informado por EcoBlock Colonia (2018) y Venezuela por parte de Piantanida (2018),

con resultados bastante favorables; Eco Block Colonia comercializa sus bloques a través de página web, mientras que Inversiones Piantanida tiene un canal de YouTube donde se puede apreciar el proceso industrial de la elaboración de su producto. Se puede observar ejemplos de estos bloques en la Figura 3.



*Figura 3. Bloques elaborados en Venezuela (izq.) y Uruguay.  
Fuente: (Piantanida, 2018) y (EcoBlock Colonia, 2018)*

Tendencias actuales incluyen en el diseño de espacios interiores varias propuestas que utilizan bloques de concreto, en este sentido la guía National Masonry de South Queensland, Australia, publica los detalles de los bloques que comercializan, así como una lista de consideraciones cuando se adquiere estos bloques de concreto para el diseño de interiores.

Para fines de diseño los bloques son coloreados, por lo que el tiempo de espera para que estos alcancen la dureza adecuada es un poco más extendido.

El color final puede variar un poco de tanda a tanda, esto es debido a que las propiedades cromáticas de la materia prima varían, por lo que se recomienda hacer el pedido de todos los bloques que se utilizarán en la construcción ya sean completos o cortados. Un sellado con material de calidad debe darse luego de la instalación, con la finalidad de evitar la aparición de manchas por humedad o eflorescencia.

Los acabados en las caras pueden ser Smooth, acabado liso hecho por el proceso de moldeado; Shot-Blast, acabado erosionado que en parte expone los agregados del bloque lo que hace que se vea como piedra; Honed, consiste en moler un par de milímetros del bloque para darle acabado mate; Polished, es el bloque afilado y luego pulido, para darle más resalte a los colores de los agregados. La apariencia de los acabados, así como los colores y ejemplos de construcciones se pueden apreciar en las figuras 4, 5 y 6.



*Figura 4. Catálogo de Acabados para Bloques de Concreto  
De izquierda a derecha, Smooth, Shot-Blast, Honed, Polished, Split.  
Fuente: (National Masonry, 2016)*



*Figura 5. Colores Disponibles en el Catálogo de Bloques de Concreto  
Fuente: (National Masonry, 2016)*



*Figura 6. Construcciones con Bloques de National Masonry  
Fuente: (National Masonry, 2016)*

### **2.2.1 Bloques de Hormigón.**

Se define como bloque a la pieza prefabricada de hormigón simple, elaborada con cemento hidráulico, agua, áridos finos y gruesos, con o sin aditivos, en forma de paralelepípedo, con o sin huecos en su interior. Si el bloque es hueco, el volumen de material sólido debe corresponder mínimo a la mitad y máximo el tres cuartas partes

del volumen total del mismo; un bloque con contenido sólido mayor a las tres cuartas partes de su volumen entra en la categoría de macizo (INEN, 2018).

Los bloques de hormigón son clasificados de acuerdo a su uso y a su densidad. De acuerdo a su uso, en la norma técnica se mencionan los siguientes tipos:

**Tipo A**, para mampostería estructural.

**Tipo B**, para mampostería no estructural.

**Tipo C**, para losas alivianadas.

La densidad de los bloques es la relación entre la masa en Kilogramos del mismo que cabe en un volumen de un metro cúbico; de acuerdo a su densidad los bloques de hormigón se clasifican en:

**Bloque liviano**, aquél con una densidad menor a 1 680 Kg/m<sup>3</sup>

**Bloque mediano**, cuya densidad va desde 1 680 a 2 000 Kg/m<sup>3</sup> y

**Bloque normal**, si su densidad es mayor a los 2 000 Kg/m<sup>3</sup>.

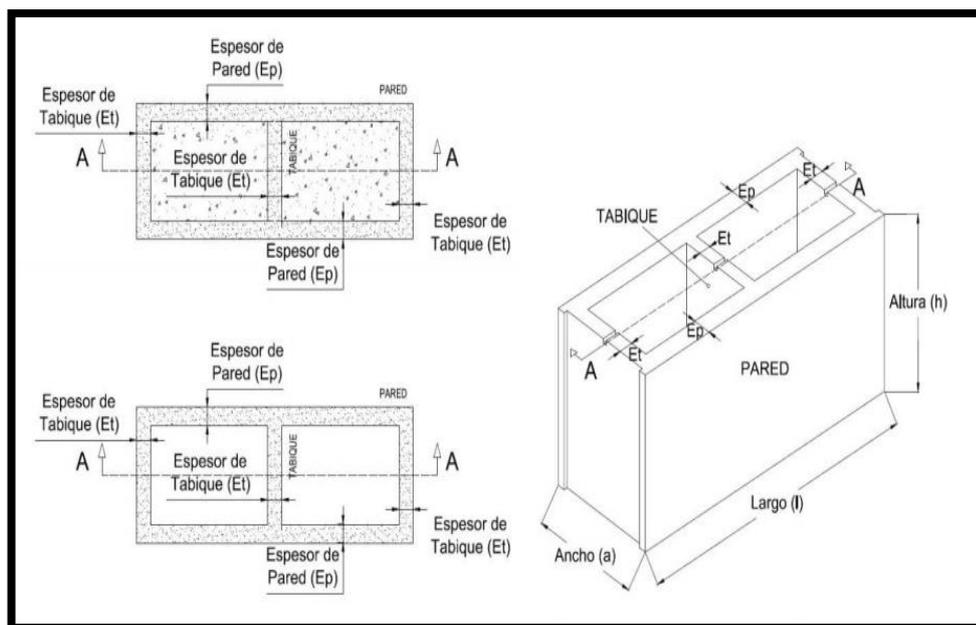


Figura 7. Nomenclatura de las partes de un bloque de hormigón  
Fuente: (INEN, 2018)

En los diferentes tipos de bloques, el espesor mínimos de los tabiques es de 19 mm, pero las paredes varían de acuerdo al ancho modular (medidas de los bloques colocados en la estructura), para bloques de ancho modular menor o igual a 100 mm, el mínimo del espesor de su pared es de 19 mm, para bloques de ancho modular entre 101 y 150 mm, el mínimo de espesor de su pared es de 25 mm, y para bloques de ancho

modular mayores a 150 mm, el espesor mínimo de su pared será de un mínimo de 32 mm.

Para las dimensiones modulares de bloques de construcción, se indica que, el largo de los bloques puede ser de 200, 300 y 400 mm, el ancho de 100, 200 y 300 mm, mientras que el alto puede ser de 100, 150, 200 y 250 mm. Para la fabricación, es posible combinar las dimensiones anteriores, siempre que el largo sea mayor que el ancho; adicional a eso el cliente será el encargado de decidir qué bloque utilizar de acuerdo a su necesidad o lo que le haya indicado el profesional de la construcción encargado. La dimensión modular, es aquella que suma la dimensión nominal del bloque y la junta, que es el espacio entre los bloques colocados en estructura, generalmente relleno con mortero de pega, por lo que se entiende que la dimensión nominal de los bloques al final de su producción en realidad es 10 mm menor que lo indicado en la dimensión modular de la norma.

### **2.2.2 Materiales Reciclados.**

Se entiende por materiales reciclados aquellos que son resultado de algún proceso industrial previo y que de no ser aprovechados serían quemados y desechados, o bien desechados con la posibilidad de terminar contaminando el ambiente o siendo acumulado en algún vertedero municipal. Los materiales a utilizar y los procesos de los que fueron rescatados serán descritos a continuación:

**Cascarilla del Arroz.** - El subproducto de la industria arrocera es la cascarilla de arroz, ésta presenta la misma forma del grano, ya que al madurar no se desprende de su semilla, al igual que las de otras cereales cariósides, como por ejemplo el trigo y la cebada. Es de consistencia quebradiza y densidad baja; al microscopio su exterior se ve rugoso y su interior liso, esto contribuye a que el grano como tal conserve su humedad. Debido a su rápida capacidad de ignición es utilizada como combustible, sin embargo, su composición química con base en el silicio (Si) y celulosa, además de un porcentaje significativo de lignina, la vuelven un aditivo ideal en mezclas de concreto. Al someter la lignina a altas temperaturas, ésta “desarrolla una propiedad aglomerante en la cascarilla de arroz, transformándola en una pasta sólida difícil de romper” (Valverde, 2017).



*Figura 8. Cascarilla de arroz  
Fuente: Diario El Productor (2017), Ecuador.*

La producción de arroz en Ecuador aumentó un 17% en el 2015 comparado al año anterior; se habla de 340.640 has cosechadas, a 5.24 t/ha, que serían 1'786,099 toneladas de arroz en cáscara Coordinación General del Sistema de Información Nacional & Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015), el rendimiento más alto de la pasada década gracias a la implementación de políticas de fomento productivo. De esta producción se estima que el 20% corresponde al subproducto de interés, aproximadamente 357,220 t.

Entre los usos que se da a este subproducto están enumerados varios, se utiliza como combustible para generación de energía calórica, eléctrica y vapor, se puede utilizar como alimento para animales, pero en Ecuador por lo general es quemada o arrojada a ríos. Según el MAGAP (2018) de la cascarilla que no es utilizada de manera provechosa como abono de otros cultivos y alimento de animales, la mitad (50%) es quemada dentro de las mismas píladoras, mientras que de la otra mitad la mayoría (40%) es quemada en otros lugares, un porcentaje menor (5%) es arrojada al cauce de ríos cercanos a los sembríos y una cantidad similar (5%) se estima que se pierde por acción del viento.

La cascarilla de arroz posee un alto contenido de Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) lo que le brinda un alto poder calorífico a la vez que vuelve poco viable su uso como alimento. El contenido de sílice además contribuye en la estructura de esta corteza. La composición físico-química de la cascarilla fue estudiada por Tello, Ortiz & Serván (2016), quienes en su tesis exponen los porcentajes apreciados en la Tabla 1.

Se localiza que la cascarilla de Perú tiene valores altos de celulosa, conveniente si se utiliza para su combustión y un porcentaje significativo de lignina que representa casi una cuarta parte del total de su masa.

**Tabla 1:** Composición físico-química de la cascarilla.

<b>Elemento</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Celulosa</b>	25.89 – 35.50
<b>Hemicelulosa</b>	18.20 – 24.60
<b>Lignina</b>	18.20 – 24.60

*Fuente: (Tello, Ortiz, & Serván, 2016)*

**Bagazo de Caña.** - Se obtiene luego del proceso de obtención del jugo del azúcar y es el residuo a la salida del último molino de la fábrica. Este subproducto de la industria azucarera suele ser utilizado como complemento a la fertilización de los cultivos de caña y en la industria del alcohol derivado de la misma. En Ecuador el desecho es además parte de la producción de energía tanto de la fábrica, como de la red del sistema nacional, esta energía tiene la característica de ecológica y ha contribuido en el cambio de la matriz energética nacional; por esta investigación Ingenio San Carlos (2018) consiguió el reconocimiento de la Organización de Naciones Unidas (ONU) como primer proyecto ecuatoriano de generación eléctrica a partir de *biomasa*, reemplazando en su totalidad el uso de combustibles fósiles por energía proveniente del vapor producido por la quema de este desecho en calderas acuotubulares.

Durante el proceso de producción de energía, el bagazo es quemado en calderas, produciendo así vapor que es conducido a una turbina, donde se expande para producir energía mecánica, la cual a su vez mueve un generador eléctrico; el vapor a la salida de la turbina provee energía térmica al proceso industrial (Abreu, González , Rico, Morales, & Espinoza , 2016).

En Ingenio San Carlos existen además investigaciones para producción de papel reciclado a partir del bagazo. La producción en el 2016 alcanzó 72,423 ha de caña de azúcar cosechadas, con una productividad de 83 t/ha. Del total de producción de caña el 18 al 32% corresponde a bagazo según lo sostenido por Méndez (2018), por lo que se estima que para Ecuador una producción aproximada de entre 1'082,000 y 1'923,500 t de bagazo obtenidos en el 2016.

Como material de residuo vegetal de sostén y recubrimiento, el bagazo de caña tiene componentes similares a los de la cascarilla de arroz. La composición química del bagazo de caña de azúcar estudiada por Guilherme, Dantas, Santos, Fernandes &

Macedo (2015) es expuesta en la Tabla 2 y revela el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina.

**Tabla 2:** *Composición química del bagazo.*

<b>Elemento</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Celulosa</b>	38.59
<b>Hemicelulosa</b>	27.89
<b>Lignina</b>	17.79
<b>Extractos solventes orgánicos</b>	1.61
<b>Extractos agua caliente</b>	1.11
<b>Cenizas</b>	8.80

*Fuente: (Guilherme, Dantas, Santos, Fernandes, & Macedo, 2015)*



*Figura 9. Bagazo de caña de azúcar (izq.) y Maní en Cáscara*  
*Fuente: (Ecoticias, 2014) y (El Productor, 2017)*

**Cáscara de Maní.** - El maní es un producto de gran importancia en la industria confitera, y en general como rubro agronómico, por su valor nutricional y económico. Tiene un aroma particularmente fuerte y sabor bastante agradable. Cuando es consumido sin aditivos y en porciones moderadas, tiene grandes beneficios para la salud, como la reducción de los niveles de colesterol en la sangre, disminuyendo así el riesgo de padecer patologías generadas por enfermedades cardiovasculares (SCA, 2018).

Es utilizado en gastronomía, siendo parte de platos de varias regiones del país, como la guatita, la cazuela, el caldo de bola, entre otros. Además, se consume como bocadito a toda hora del día y se lo encuentra en un sinnúmero de presentaciones, maní salado, con cobertura de caramelo o ajonjolí, maní japonés, incluso existen presentaciones combinadas con pasas, maní picante y maní limón.

En Ecuador se estima una producción de entre 15,000 y 20,000 ha, y es conocido que se siembra cuatro variedades de maní, la variedad INIAP-380, llamada también Tarapoto, es de rendimiento alto, puede llegar a producir cantidades de hasta 2,956 Kg/ha, es de crecimiento semierguido, alcanza una altura de 40 a 70 cm y su tiempo de espera entre siembra y cosecha es de entre 100 y 105 días (INIAP, 2019).

La INIAP 380 es una variedad resistente a la cercosporiosis o viruela del maní, una enfermedad de origen fúngico, común de los tiempos de lluvia, tratable en las primeras etapas, pero mortal para la planta en etapas avanzadas, motivo por el cual INIAP recomienda la utilización de variedades resistentes.

La variedad INIAP-381 es conocida como Rosita, tiene un ciclo vegetativo más corto respecto a las demás variedades, entre siembra y cosecha de esta variedad precoz pueden pasar de 90 a 95 días, la planta también crece semierguido y alcanza una altura máxima de 43 cm, tolera bastante bien la viruela y la roya, y tiene un rendimiento de unos 2,600 Kg/ha (INIAP, 2016).

Entre el 2002 y el 2009, se obtuvo la tercera variedad de la lista, llamada INIAP-382 o Caramelo, que llega a un rendimiento de 3,341 Kg/ha de maní en cáscara cosechados, su crecimiento es rastrero y alcanza una altura de hasta 34 cm y se puede cosechar a los 130 o 140 días de haber sido sembrada, es altamente tolerante a varias de las plagas que afectan a esta planta (INIAP, 2016).

La última variedad que se describirá es la INIAP-383 también conocida como Pintado, alcanza una altura de hasta 45 centímetro en crecimiento semi erguido, puede ser cosechada de 115 a 125 días después de sembrada, es resistente a cercospora, roya, cogollero y trips, de lo que se conoce, tiene un rendimiento de 3,878 Kg/ha (INIAP, 2017).

En Argentina es conocido que este desecho es quemado, aunque una pequeña cantidad es utilizada para elaboración de aglomerados, alimento balanceado para aves y generación de energía en las plantas de fabricación de carbón activado. La composición química de la cáscara de maní es similar a la de otras biomásas y consiste mayormente en tres polímeros naturales cuyos valores porcentuales se describen en la Tabla 3. Estos valores serán tomados como referenciales al maní INIAP 381, utilizado en la presente investigación.

**Tabla 3:** Composición química de la cáscara de maní.

Elemento	Porcentaje (%)
Celulosa	54.6
Hemicelulosa	14.5
Lignina	30.9

Fuente: (Fermanelli, Saux, & Pierella, 2015)

**Tereftalato de Polietileno o PET.** - Los plásticos son grandes átomos conformados por la unión de cientos de miles de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Por este motivo se dice que los plásticos son polímeros, tienen elevado peso molecular y la gran fuerza de atracción que hay entre sus moléculas les brinda altas resistencias mecánicas. El PET es un tipo de plástico producido por poli condensación a partir del Ácido Terftálico y Etilenglicol, por su capacidad de aislar los gases, y sus características de liviano, transparente, irrompible y no tóxico, es ideal como envase para bebidas y alimentos de todo tipo, fibras textiles, cintas de audio, vídeo y placas radiográficas (OCW-USAL, 2016).

De más de cien tipos de plásticos conocidos únicamente seis son reciclables, por lo que la Sociedad de Industrias plásticas facilita un código de identificación que consiste en un número dentro de un símbolo triangular que representa al reciclaje, con la finalidad que sea más viable la clasificación y posterior reducción de estos residuos. En la Figura 10 se puede observar el símbolo que deben llevar de manera obligatoria todos los elaborados con PET y demás plásticos.



Figura 10. Símbolos de los tipos de plásticos

Fuente: (TerraCycle, 2018)

La producción de plástico en el Ecuador alcanza a cubrir el 80% del mercado, mientras que el 20% restante proviene de importaciones. En exportaciones se tuvo un repunte el año 2017, pero no ha alcanzado el pico más alto que tuvo la industria en el año 2014, sin embargo, se estima que un 30% del plástico que se importa es

transformado y exportado con valor agregado. Estudios revelan que el consumo per cápita de plástico en Ecuador está alrededor de los 20 Kg al año y que, de esto, el 90% se recicla para ser reingresado en la industria (Ekosnegocios, 2018).



*Figura 11. Pellets de PET provenientes de botellas recicladas  
Fuente: (Zambrano R. , 2018)*

El reciclaje del plástico PET empieza con los recuperadores primarios, que son las personas que se encargan de llevar las botellas recogidas de diferentes puntos, donde son desechadas, hasta los diferentes centros de acopio autorizados; aquí compran el material entre \$0.42 y \$0.65 el kilo. Luego estos envases son seleccionados y clasificados por color y calidad, para después ser lavados y desprendidos de sus tapas y etiquetas, luego son secados y molidos en máquinas que en no más de dos minutos los convierten en porciones más pequeñas con forma de hojuelas. El siguiente proceso demora alrededor de ocho horas y consiste en calentar las hojuelas para poder transformarlas en pequeñas esferas llamadas pellets, las que pasan por control de calidad para luego ser empacadas y vendidas (Zambrano R. , 2018).

## **2.3 Marco Conceptual**

### **2.3.1 Diseño de Interiores**

La palabra diseño abarca varios conceptos, entre los principales se mencionan la estética, el confort, la funcionalidad, en otras palabras, es la expresión de una idea en forma de composición, para que esta pueda continuar su proceso hacia la fabricación, distribución y posterior uso con las finalidades que fue creado. Aunque este proceso puede darse de manera espontánea, existen formas de llegar al objetivo de manera sistemática, con base en el conocimiento adquirido sobre elementos que componen las

diversas estructuras y un sinnúmero de habilidades que pueden ser aprendidas y desarrolladas con la práctica. Se describe entonces los elementos básicos que debe contener todo diseño y los principios básicos que el autor deberá seguir para, combinando los elementos, llegar a transmitir su idea.

### 2.3.2 Elementos Básicos del Diseño

- **Elementos Conceptuales.** - son puntos, líneas, superficies y volúmenes que no existen en el espacio más que para la percepción de diseñadores. El punto en la convergencia de tres planos, la línea que forma el contorno de algún objeto o las que se dibujan imaginariamente para dividir alguna pared, son ejemplos de elementos conceptuales.
- **Elementos Visuales.** - son los que se percibe con la vista, entre ellos se describen la forma, la medida, el color y la textura. La Forma se describe como el contorno que tiene todo objeto, puede corresponder al de una figura geométrica. La Medida es la magnitud de las dimensiones físicas de un objeto, aunque muchas veces es relativa cuando se hacen comparaciones. El Color se refiere a variaciones tonales y cromáticas que se descomponen de la fragmentación de la luz, incluidos los tonos neutros que implican la presencia de luz (blanco) o la ausencia absoluta de ella (negro) y todos los tonos grises intermedios. La Textura se puede percibir con el tacto o también apreciarla con la vista, se refiere básicamente a las características de la superficie de una forma.
- **Elementos de Relación.** - estos elementos rigen los espacios que ocupan y la manera en que interactúan las formas. Dos de ellos, la dirección y la posición, se perciben, mientras que los otros dos, el espacio y la gravedad, se sienten. La Dirección tiene relación directa con la persona que observa o las formas circundantes. La Posición habla de ubicación respecto al cuadro o espacio donde la forma existe. El Espacio es la percepción de volumen ocupado por una forma, o por ninguna; este elemento entiende tanto de los espacios ocupados como de los vacíos. La Gravedad es el atributo que se da a la forma y brinda a ésta una medida de la capacidad de atraer o ser atraída por otra forma o grupo de formas.

- **Elementos Prácticos.** - estos elementos ayudan a comprender mejor los motivos del diseño, son tres. La Representación se refiere a la relación que puede tener una forma con algo ya existente, sea esta una manifestación de la naturaleza o creada por la mano del hombre. El Significado es el mensaje pensado previamente a la creación de la forma y que se debe entender al observarla, ya que transmitir este mensaje es tarea de dicho diseño. La Función se entiende como la finalidad o propósito de la creación de un diseño.
- Los elementos descritos con base en la obra de Wong (2015), poquísimas veces podrían no ser encontrados, ya que tendrían que estar presentes en una u otra forma dentro de toda composición. Conocerlos brinda la oportunidad de realizar un análisis óptimo de cualquiera de los diseños, para lo cual es importante mencionar también las leyes que rigen las creaciones, conocidas comúnmente como principios básicos del diseño.

### 2.3.3 Principios Básicos del Diseño

Varios autores definen los principios básicos del diseño, sin embargo se resumió en cinco puntos las consideraciones más importantes a tener, con base en la obra de (Dodsworth, 2015), ya que es una propuesta de análisis de espacios en tres dimensiones, teniendo en cuenta el orden de sistemas, la división del lugar en ejes y el planteamiento de puntos focales dentro del mismo.

**Balance.** - este principio indica que las propiedades de cada elemento de la composición deben estar compensadas entre sí con las propiedades de los demás elementos, de manera que exista equilibrio ya sea el ambiente estático o dinámico. Entre los tipos de balance se mencionan el balance simétrico, que trabaja con base en un eje central y consiste por lo general en un arreglo de los elementos en simetría de espejo. El balance radial se ejecuta en torno a un punto central. También existe el balance asimétrico, que se trata del equilibrio visual alcanzado cuando los elementos de diferentes tamaños, formas o colores, son ordenados siguiendo cualquier patrón que responda a sus propiedades.

**Armonía.** - al igual que el balance, armonía es sinónimo de congruencia visual, sin embargo, mientras el balance busca un equilibrio con base en propiedades singulares de los elementos, la armonía tiene como finalidad que las diferentes partes de la composición contengan elementos cuyas propiedades estén claramente relacionadas.

**Unidad / Variedad.** - ayuda a tener en cuenta las propiedades que no se repiten en los elementos de las diferentes partes de la composición, pues al mismo tiempo que se debe conservar equilibrio, la variedad conduce a una solución de diseño que atraparé mejor el interés de quien observa.

**Énfasis.** - un objeto colocado al final de un eje o en un punto central brinda interés visual a un espacio, da un lugar de descanso a la mirada en el entorno visual. Un elemento o característica exagerada de manera controlada funciona de igual modo.

**Ritmo.** - es la medida en que se puede repetir patrones o formas, para que la mirada se mueva de manera fluida a través de los diversos elementos que conforman el espacio. Es posible construir el ritmo de un espacio en capas, repitiendo objetos ordenados por sus características como el tamaño, color o silueta.

## **2.4 Marco Legal**

### **2.4.1 Constitución de la República del Ecuador**

El artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador reconoce el derecho de los individuos a “vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir”, además en el artículo 74 se menciona entre los derechos de la naturaleza el que tienen los individuos de diferentes pueblos y nacionalidades, de “beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir”, luego en el artículo 415 se promulga el desarrollo de programas de reducción y reciclaje de desechos sólidos y líquidos por parte de los gobiernos autónomos descentralizados (Asamblea Constituyente, 2018).

### **2.4.2 Ley de Gestión Ambiental del Ecuador**

A su vez, la ley de gestión ambiental en su artículo 1 dictamina que los principios y directrices de política ambiental; determinan las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores públicos y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia; artículo 4.- los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del estado en materia ambiental, deberán observar las etapas según el desarrollo sectorial, económico, comunitarias competentes en informar a los sectores ciudadanos, realización de sus actividades productivas, en el artículo 6 de la misma ley se habla del aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables en función de los intereses nacionales dentro del

patrimonio de áreas naturales protegidas del estado y en ecosistemas frágiles, tendrán lugar por excepción previo un estudio de factibilidad económico y de evaluación de impacto ambientales. (Congreso Nacional, 2018).

### 2.4.3 Norma Técnica Ecuatoriana (NTE)

Los componentes de la mezcla del bloque deben cumplir requisitos detallados en la Norma Técnica Ecuatoriana, a fin de que sus características cumplan los parámetros de resistencia establecidos, que lo vuelven apto para su uso en la construcción. En la Tabla 4 se enlista las diferentes normas que se debe consultar.

**Tabla 4:** *Materiales para mezcla y las normas técnicas que los rigen.*

<b>Material</b>	<b>Norma</b>
<b>Cemento</b>	INEN 152, NTE 490
<b>Áridos</b>	INEN 872
<b>Agua</b>	INEN 3066

*Fuente:* (INEN, 2018)

Se conoce que la normativa NTE INEN 3066 establece requisitos y métodos de ensayos para la elaboración de bloques de hormigón fabricados con cemento Portland o algún otro cemento hidráulico, agua y áridos minerales, con o sin aditivos, ya que los distintos componentes que formarán esta mezcla, deben cumplir requisitos de calidad (INEN, 2018). Estas normativas pueden ser encontradas en los anexos y fueron utilizados como fuente ilustrativa y guía para las pruebas de absorción y compresión de los bloques elaborados.

**Cemento Hidráulico.** - Se conoce como cemento hidráulico al que es capaz de fraguar y endurecerse al reaccionar con el agua, dicha reacción química tendría que suceder de igual manera si la mezcla se encuentra sumergida. El cemento Portland es el resultado de la pulverización de Clinker, se compone básicamente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos, más un pequeño porcentaje de piedra caliza, sulfato de calcio y agua (INEN, 2018).

**Áridos Finos y Gruesos.** - Los áridos finos consisten en arena natural, arena elaborada, o una combinación de ambas, graduadas dentro de los límites permitidos por la norma, deben estar libre de sustancias perjudiciales e impurezas orgánicas y finalmente no contener ninguna sustancia que reaccione al mezclarse con el cemento. Entre los áridos gruesos se puede mencionar la grava entera o triturada, piedra

triturada, escoria de altos hornos enfriada al aire u hormigón de cemento hidráulico triturado, aunque también se considera dentro de esta clasificación a cualquier combinación de los áridos antes mencionados (INEN, 2018).

Agua. - Para la elaboración de bloques de hormigón se debe utilizar agua potable, ésta debe estar libre de cantidades apreciables de materia orgánica, sales, ácidos o algún otro material nocivo (INEN, 2018).

Los requisitos obligatorios, complementarios y opcionales para cada tipo de cemento Portland a utilizar se describen en la normativa NTE INEN 152, así como la guía para muestreo e inspección que seguirán los compradores, para la aceptación o rechazo luego de la evaluación respectiva del producto (INEN, 2018).

La Normativa NTE INEN 490, establece las características mínimas que deben reunir los cementos hidráulicos compuestos, ya sean estos binarios o ternarios. Se entiende por cementos compuestos a aquellos formados por la combinación de cemento portland con cemento de escoria o con una puzolana llamados binarios, o bien con la combinación de dos puzolanas diferentes o la de una puzolana y cemento escoria, llamados ternarios (INEN, 2018).

La calidad y granulometría de los áridos finos y gruesos utilizados para la mezcla son descritas en la normativa NTE INEN 872, tanto el tamaño máximo y mínimo de los tamices a utilizar como los métodos de muestreo y ensayo para evaluar los mismos son descritos o referenciados en la misma norma (INEN, 2018).

#### **2.4.4 Procedimiento para Ensayos de Compresión y Absorción**

Las pruebas son realizadas sobre los bloques con la finalidad comprobar las propiedades mecánicas de los mismos, por la necesidad de conocer si cumplen los requisitos para la construcción.

Para el ensayo de absorción, humedad y densidad es necesario una balanza con margen de error de  $\pm 1$  g de la masa, alambre de acero galvanizado de al menos 1 mm de diámetro, malla de varillas metálicas de al menos 9,5 mm de diámetro y al menos tres unidades enteras de los bloques construidos. Antes de empezar se debe registrar los datos del bloque tal cual llega. La prueba consiste en dos etapas, la primera es la saturación, donde se sumerge completamente los bloques por tiempo no menor a 24 horas y no mayor a 28, la temperatura del agua debe estar entre los 16 y los 27 °C.

Luego de este tiempo, para la medición de la masa  $M_i$  la muestra debe estar completamente sumergida y suspendida por un alambre. Luego es retirada del agua y

colocada en la malla metálica por 60 segundos, retirando el excedente de agua con un paño humedecido, se registran los valores de masa y se vuelve a tomar la medida cada 24 horas, hasta que la diferencia de masa entre dos medidas consecutivas sea inferior al 0,2 %. Así se obtiene Ms o masa de la muestra saturada. La segunda etapa es el secado, que consiste en colocar las muestras en un horno ventilado, entre 100 y 115 °C y pesarlas cada 24 horas hasta que la diferencia de masa entre dos medidas consecutivas sea inferior al 0,2 %, para obtener Md o masa de la muestra secada en horno.

Una vez obtenidos los datos, es posible calcular, con las siguientes fórmulas:

- Absorción, (Kg/m<sup>3</sup>) =  $(M_s - M_d) \cdot 1000 / M_s - M_i$
- Absorción, (%) =  $(M_s - M_d) \cdot 100 / M_d$
- Contenido de humedad, (%) =  $(M_r - M_d) \cdot 100 / M_s - M_d$
- Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) =  $M_d \cdot 1000 / M_s - M_i$

Para los ensayos de resistencia a la compresión se necesita que el bloque tenga una superficie que provea soporte en su totalidad, de no ser así, tendrá que cortarse los excedentes, procurando que la relación altura a ancho de la pared sea de 2 a 1 y longitud a ancho de la pared 4 a 1. La máquina debe tener una precisión de +- 1 % y consiste en una placa superior con diámetro de 150 mm o mayor, apoyada en un soporte esférico unido firmemente al cabezal superior de la máquina. El soporte esférico debe tener libertad de giro en cualquier dirección y su perímetro debe tener una holgura de al menos 6,3 mm. En la Figura 12 se aprecia la máquina con las placas adicionales.

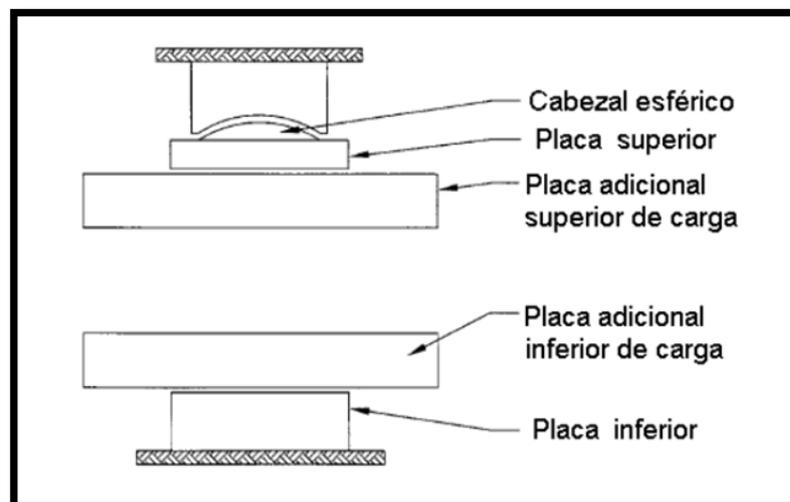


Figura 12. Equipo utilizado en el ensayo a compresión  
Fuente: (INEN, 2018)

Las muestras utilizadas deben encontrarse secas a la vista al iniciar el ensayo, y se debe registrar previamente el área bruta o  $A_g$ , multiplicando el largo promedio por el ancho promedio del bloque. Adicional a esto, con las medidas de masa obtenidas en el estudio anterior se calculará la densidad  $D$  y el volumen neto  $V_n$  con la finalidad de obtener el área neta  $A_n$  del bloque.

- Densidad  $D$  ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) =  $M_d (1\ 000) / M_s - M_i$
- Volumen neto  $V_n$  ( $\text{mm}^3$ ) =  $M_d / D$
- Área neta promedio  $A_n$  ( $\text{mm}^2$ ) =  $V_n / h$
- Área bruta  $A_g$  ( $\text{mm}^2$ ) =  $l \times a$

**Tabla 5:** Abreviatura para la formulación de cálculos.

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
<b>Ms</b>	Masa de la unidad saturada (Kg)
<b>Mi</b>	Masa de la unidad sumergida (Kg)
<b>Md</b>	Masa de la unidad seca al horno (Kg)
<b>Mr</b>	Masa de la unidad tal como se recibe (Kg)
<b>Vn</b>	Volumen neto del bloque ( $\text{mm}^3$ )
<b>D</b>	Densidad del bloque seco al horno ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )
<b>Ag</b>	Área bruta del bloque ( $\text{mm}^2$ )
<b>An</b>	Área neta del bloque ( $\text{mm}^2$ )
<b>H</b>	Altura del bloque (mm)
<b>L</b>	Largo del bloque (mm)
<b>A</b>	Ancho del bloque (mm)
<b>Pmáx</b>	Carga máxima de compresión (N)

Fuente: (INEN, 2018)

La mitad de la carga máxima esperada debe aplicarse sin necesidad de controlar la velocidad o proporción, para la otra mitad de la carga, se debe ajustar el cabezal móvil para que tenga desplazamiento a velocidad uniformemente variada, de tal manera que el trabajo finalice al cabo de uno o dos minutos.

Este valor en Newton (N) es registrado como  $P_{máx}$  o carga máxima de compresión y con los valores anteriores registrados se calculan:

- Resistencia a la compresión del área neta  $\text{MPa} = P_{máx} / A_n$
- Resistencia a la compresión del área bruta  $\text{MPa} = P_{máx} / A_g$

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

La finalidad de toda investigación científica es la búsqueda del conocimiento, y para tal fin se pueden tomar varias rutas. Hace aproximadamente cien años las diversas corrientes de pensamiento convergieron en dos enfoques que con sus similitudes y diferencias son la base de toda investigación científica hoy en día. Estos son el enfoque cuantitativo del latín *quantitas* que hace referencia a conteo, y el cualitativo del latín *qualitas*, que va orientado mayormente a las cualidades de los fenómenos estudiados. Las similitudes que se encuentran entre estos enfoques se explica en que ambos buscan generar conocimiento, por lo que se determina que los dos llevan a cabo la observación de fenómenos, realizan suposiciones con base en estas observaciones, demuestran el nivel de verdad que existe en dichas suposiciones, las revisan con base en métodos analíticos, y proponen nuevas observaciones generan nuevas ideas, o bien que esclarecen, modifican o fundamentan las ideas existentes (Hernández, 2015).

##### **3.1.1 Enfoque Cuantitativo**

El enfoque cuantitativo es rigurosamente sistemático, parte de una problemática que afecta a un sector bien delimitado, se sustenta en objetivos que permiten construir un marco teórico, se plantean hipótesis, se determinan variables medibles y comprobables y se las prueba en un plan que utiliza análisis y métodos estadísticos para sacar las conclusiones. El proceso en un enfoque cuantitativo es secuencial porque sigue un orden en el que cada etapa da lugar a la siguiente, deductivo porque extrae conclusiones a partir de observaciones, y probatorio porque cada etapa puede repetirse de diferentes maneras hasta obtener el resultado que satisfaga a la hipótesis (Hernández, 2015).

La presente investigación sobre bloques elaborados con materiales no convencionales utiliza este enfoque pues busca en cierto modo cuantificar las variables planteadas, proporcionando un acercamiento a las mismas, limitando de manera intencional su campo de aplicación.

### **3.1.2 Enfoque Cualitativo**

El enfoque cualitativo no tiene un orden específico, utiliza la recolección de datos y el análisis de los mismos para generar hipótesis, aunque estas hipótesis también llamadas preguntas de investigación pueden surgir previas a la recolección de datos. En este sentido es posible que en cualquier etapa de la investigación se regrese a revisar la literatura, lo cual podría conllevar un cambio en el diseño de la investigación en cualquier punto de la misma. En una investigación cualitativa el investigador observa los hechos para luego plantear una teoría de lo que está observando, el proceso aplicado en este tipo de investigación es inductivo porque parte de lo específico hacia lo general, y recurrente porque sin importar la etapa en la que se encuentre es posible revisar etapas anteriores (Hernández, 2015).

Este enfoque se aplica en la investigación ya que se buscó expandir los datos conocidos para generar aseveraciones que demuestren la realidad que se está evidenciando al investigar.

### **3.2 Alcances en una investigación cuantitativa**

Según el propósito que tenga un estudio cuantitativo puede tener varios alcances, cada uno de estos no es exclusivo de los demás, sino más bien, complementarios entre sí, ya que a lo largo de un estudio se puede recurrir a todos ellos según sea necesario. Según su alcance en la investigación será exploratoria, descriptiva, explicativa y correlacional, conceptos que se describen a continuación de acuerdo a la literatura de (Hernández, 2015).

#### **3.2.1 Investigación Exploratoria**

Hernández (2015), se dice que una investigación es exploratoria cuando aborda temas poco estudiados, sobre los cuales se tienen aún muchas dudas, o bien se desea entregar una nueva perspectiva sobre la problemática planteada. Este proyecto es un trabajo de investigación exploratorio, porque se tiene contacto de acercamiento con el problema, abordándolo de manera superficial por lo que se está trabajando con materiales poco convencionales para la construcción, materiales que si bien se ha realizado un sin número de proyectos. Aún se plantea dudas de acuerdo a estos temas relacionados.

### **3.2.2 Investigación Descriptiva**

La finalidad de este tipo de investigación es profundizar en propiedades, características o perfiles, de personas, objetos u otros fenómenos; todo lo que pueda ser sujeto a análisis entra en el campo de la investigación descriptiva. Este estudio se categoriza como descriptivo porque expresa lo más relevante de la situación concreta, donde se investiga un análisis de los procesos abarcados, por lo que se recopiló información y se analizó las variables existentes a este proyecto estudiándolo en diferentes perspectivas del problema y apropiándonos de una posible solución al proyecto. (Hernández, 2015).

### **3.2.3 Investigación Explicativa**

Hernández (2015), estableció que toda percepción debe de ser explicado, toda posible respuesta que se haya investigado ya sea las probabilidades o variables son conceptos relevantes para todo proyecto a realizar. Las investigaciones de alcance explicativo suponen conocer los motivos por los que ocurren las relaciones entre variables, el por qué un fenómeno se comporta del modo en que lo hace, o en qué condiciones se manifiesta. Este estudio también es explicativo, porque mostrará las causas que originaron la problemática planteada.

### **3.2.4 Investigación Correlacional**

Los estudios correlacionales buscan cuantificar las variables que intervienen, para luego medir el grado de relación entre ellas, esto mediante pruebas aplicadas a la hipótesis planteada, análisis y vinculación de las características estudiadas. Se plantea utilizar el alcance correlacional ya que se busca cuantificar cómo cambian unas variables respecto a otras en función del tiempo. En nuestra investigación se empleó estos conceptos por lo que se debió seguir un margen de orden para llegar a ello, investigar proyectos similares y encontrar las inquietudes planteadas, encontrar una viable solución y apartar la idea de una posible semejanza de la investigación (Hernández, 2015).

### **3.3 Técnicas e Instrumentos**

#### **3.3.1 Encuesta**

La encuesta es una herramienta mayormente utilizada en estudios de alcance descriptivo y correlacional, se trata en sí de preguntas aplicadas a un sector de la población con la finalidad de recoger información. Son cuestionarios que se aplican en diferentes contextos con el objetivo de conocer con exactitud el perfil de las variables que se están investigando y así tener un acercamiento preciso a la problemática. En investigaciones cuantitativas es bastante útil codificar la respuesta, dando un valor numérico a las diferentes opciones para así volver más entendible la pregunta para el encuestado (Hernández, 2016).

Para realizar las encuestas se ha recurrido al método de escalamiento de Likert, presentando los ítems en forma de afirmación con respuestas que dan un valor a la actitud que tiene el encuestado frente a dicha afirmación (Hernández, 2015).

Este valor será tomado en cinco categorías, teniendo cuidado de guardar lógica en la relación, dando mayor valor a la actitud que se encuentra mayormente a favor del estudio. Las categorías con su debida codificación serán:

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo.

#### **3.4 Población y muestra**

Se define como muestra al subgrupo estadísticamente representativo de la población de interés de un estudio o investigación. Ésta debe ser representativa, pues la muestra supone la generalización de la información recogida al total del universo o población. Debe ser coherente con los objetivos de la investigación, para que los resultados vayan orientados a responder las preguntas planteadas. Debe también ser aleatoria, pues con la selección de individuos al azar se asegura que no se cometan errores de generalización. El primer paso para seleccionar una muestra es definir lo que se está midiendo, luego, se procede a la selección de la población (Hernández, 2015).

Población o universo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con las especificaciones determinadas de un estudio, en tal caso se debe previamente determinar las características que se van a medir para que la delimitación sea la adecuada, de modo que no se realicen generalizaciones incorrectas. Una buena delimitación proporciona de manera clara el contenido, lugar y tiempo, excluyendo a los individuos que no forman parte del estudio realizado (Hernández, 2015).

La población comprende por un lado a estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de la ciudad de Guayaquil, y por otro a individuos particulares que atiendan negocios como: ferreterías, distribuidoras de materiales de construcción y demás negocios que podrían comercializar bloques, en sectores aledaños y circundantes al centro del cantón Durán.

### **3.5 Resultados de la investigación y análisis**

Las encuestas fueron realizadas a los habitantes del cantón Durán, que atiendan negocios como: ferreterías, distribuidoras de materiales de construcción y demás negocios que podrían comercializar bloques. Debido a que se buscó obtener una perspectiva general sobre los bloques de construcción que se buscan desarrollar a partir de residuos orgánicos. A su vez, las encuestas se direccionaron tanto a los profesionales y estudiantes involucrados en el sector de la Construcción, debido a la necesidad de contar con un punto de vista mucho más especializado sobre el tipo de bloque que se busca fabricar, a fin de tener en cuenta el proceso de producción, el desarrollo de las pruebas de resistencia y demás factores para determinar que estos bloques serán idóneos para aplicarlos en procesos constructivos.

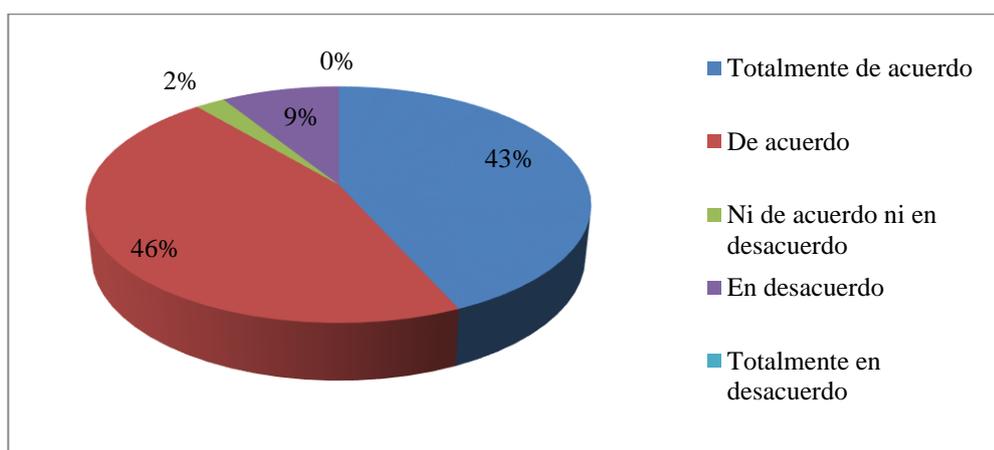
**ENCUESTA DIRIGIDA A PROFESIONALES Y A ESTUDIANTES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN PROVENIENTES DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL Y A DISTRIBUIDORES DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL CANTÓN DURÀN.**

1. ¿Cree usted que los residuos orgánicos como el bagazo de caña de azúcar, cascarilla de arroz, cáscara de maní y plástico pulverizado PET puedan servir en la elaboración de un elemento de construcción?

*Tabla 6: Residuos agroindustriales.*

Opciones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<b>Totalmente de acuerdo</b>	39	43%
<b>De acuerdo</b>	41	46%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	2	2%
<b>En desacuerdo</b>	8	9%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	0	0%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*



*Figura 13. Residuos agroindustriales*

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

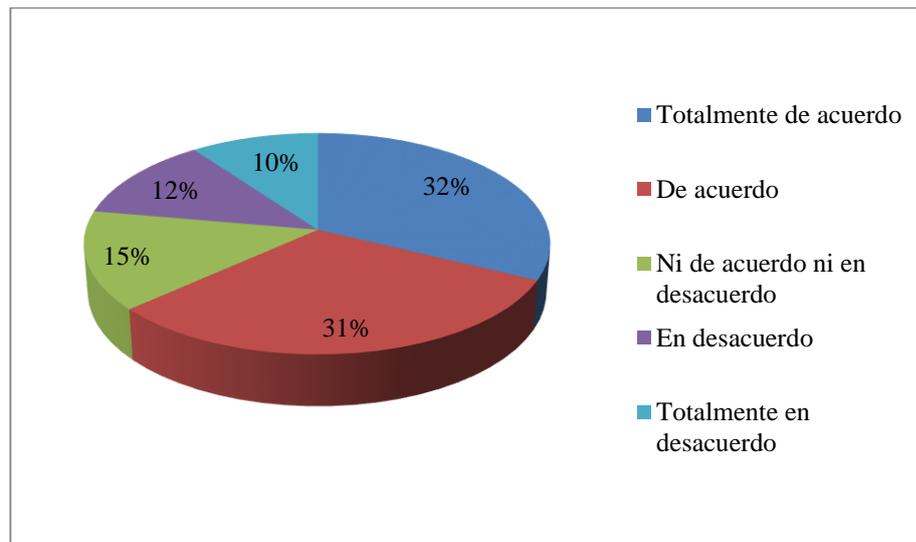
**Análisis:** Del Total de encuestados, fue posible identificar que el 43% indicó estar Totalmente De Acuerdo y que el 46% está De Acuerdo, mientras que el porcentaje restante mostró que el 9% está En Desacuerdo y el 2% Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo.

**¿Considera usted que estos residuos perjudican al medio ambiente?**

*Tabla 7: Perjuicio al medio ambiente.*

Opciones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<b>Totalmente de acuerdo</b>	29	32%
<b>De acuerdo</b>	28	31%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	13	14%
<b>En desacuerdo</b>	11	12%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	9	10%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Sntaxi, J. (2019)*



*Figura 14. Perjuicio al medio ambiente*

*Elaborado por: Jácome, M. & Sntaxi, J. (2019)*

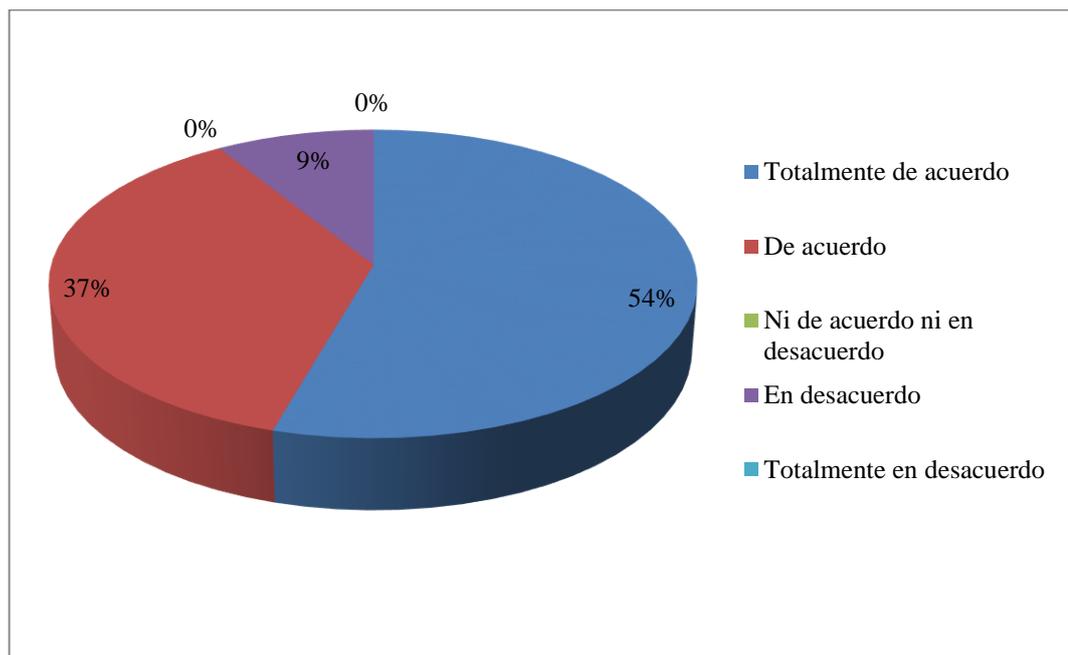
**Análisis:** Con relación a estos resultados, se demostró que el 32% indicó estar Totalmente De Acuerdo, el 31% estuvo De Acuerdo, el 15% indicó estar Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo, el 12% estuvo en Desacuerdo y finalmente el 10% estuvo Totalmente En Desacuerdo dentro de este contexto.

2. ¿Cree usted que este bloque pudiera poseer la resistencia y durabilidad necesaria para la construcción?

*Tabla 8: Resistencia y durabilidad.*

Opciones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<b>Totalmente de acuerdo</b>	49	54%
<b>De acuerdo</b>	33	37%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	0	0%
<b>En desacuerdo</b>	8	9%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	0	0%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)*



*Figura 15. Resistencia y durabilidad*  
*Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)*

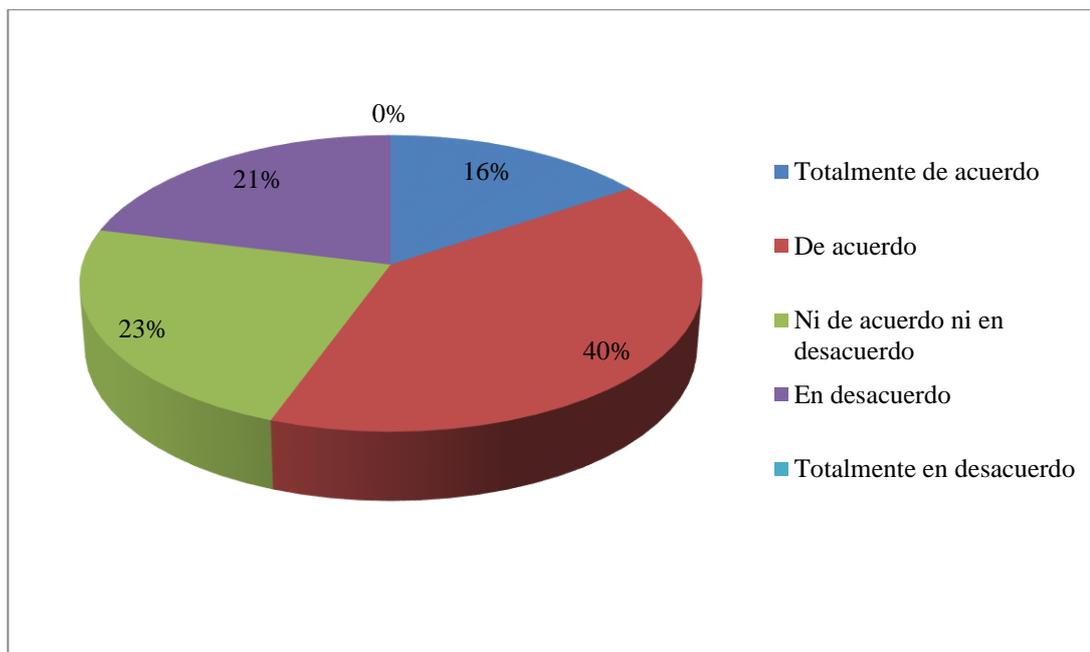
**Análisis:** El 54% de los encuestados manifestó estar Totalmente De Acuerdo, un 37% indicó estar De Acuerdo, el 0% demostró estar Ni De Acuerdo Ni Desacuerdo, un 9% resulto estar En Desacuerdo, mientras que el 0% reflejó estar Totalmente En Desacuerdo.

3. ¿Considera usted que se podrían elaborar bloques con estos residuos?

*Tabla 9: Elaboración de bloques.*

Opciones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<b>Totalmente de acuerdo</b>	14	16%
<b>De acuerdo</b>	36	40%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	21	23%
<b>En desacuerdo</b>	19	21%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	0	0%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*



*Figura 16. Elaboración de bloques*

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

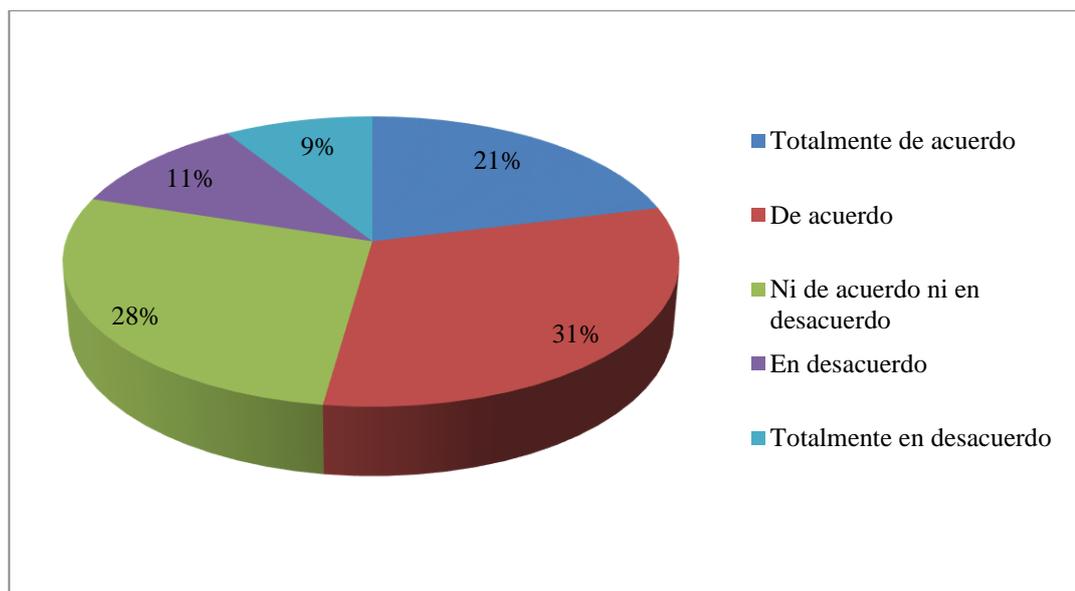
**Análisis:** Del Total De Encuestados, el 16% estuvo Totalmente De Acuerdo, un 40% estuvo De Acuerdo, mientras que el 23% indicó estar Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo, el 21% estuvo En Desacuerdo y el 0% estar Totalmente En Desacuerdo.

**4. ¿Cree usted que este bloque podrá tener las mismas o mejores características que el bloque tradicional?**

*Tabla 10: Características.*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
<b>Totalmente de acuerdo</b>	19	21%
<b>De acuerdo</b>	28	31%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	25	28%
<b>En desacuerdo</b>	10	11%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	8	9%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*



*Figura 17. Características*

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

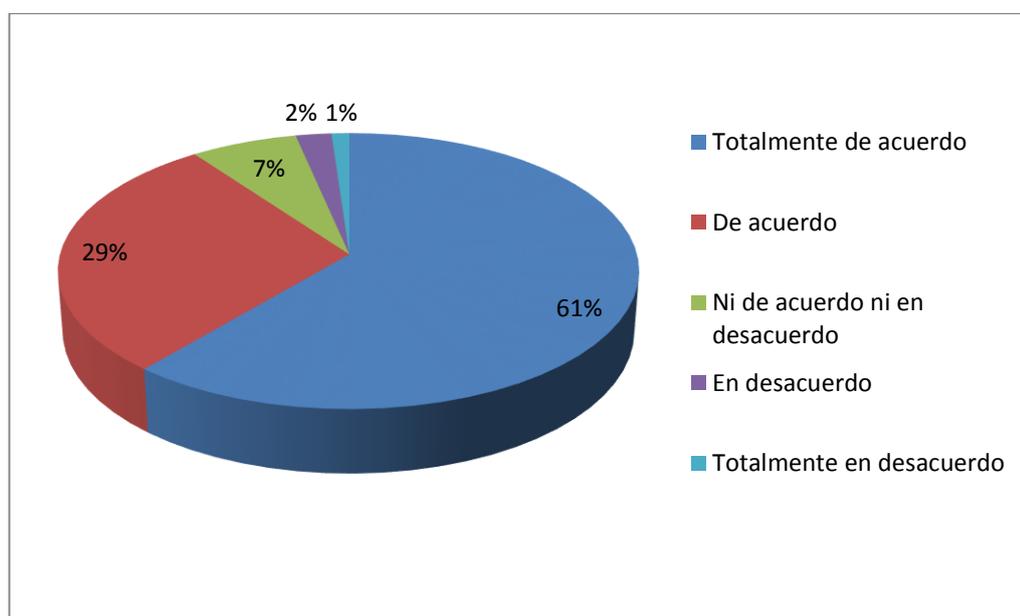
**Análisis:** En estos resultados demostró que el 21% de los encuestados estuvieron Totalmente De Acuerdo, un 31% indicó estar De Acuerdo, el 28% Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo, el 11% En Desacuerdo, y el 9% Totalmente En Desacuerdo.

5. ¿Cree usted que es posible disminuir este problema ecológico, convirtiéndolo en un emprendimiento para poder fabricar bloques con bagazo de caña de azúcar, cascarilla de arroz, cáscara de maní y plástico pulverizado PET?

*Tabla 11: Disminución del problema ecológico.*

Opciones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<b>Totalmente de acuerdo</b>	55	61%
<b>De acuerdo</b>	26	29%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	6	7%
<b>En desacuerdo</b>	2	2%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	1	1%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*



*Figura 18. Disminución del problema ecológico*  
*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

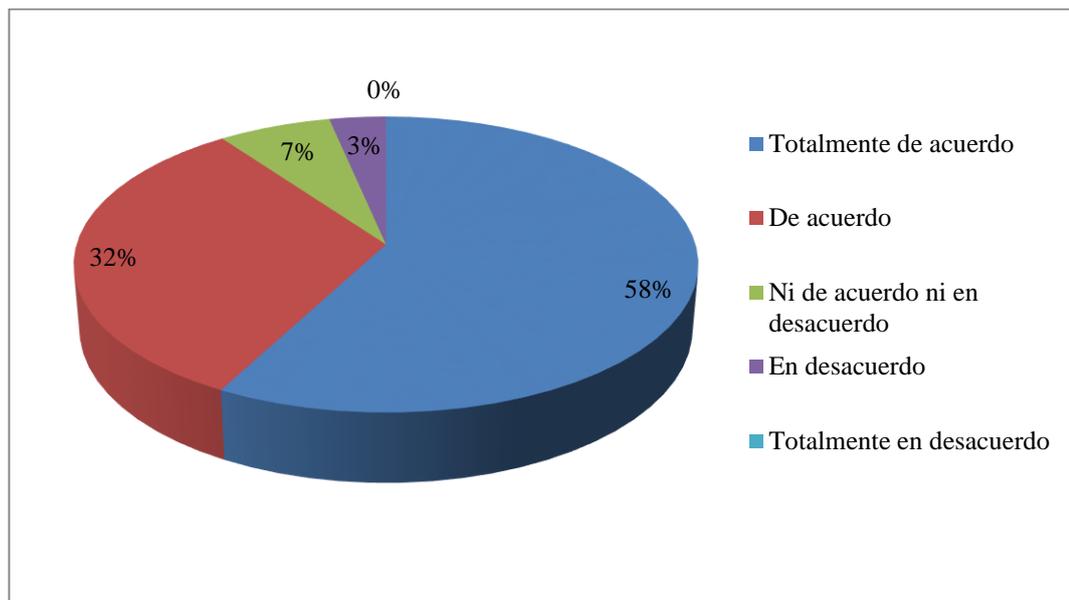
**Análisis:** Los resultados a esta pregunta reflejan que el 61% están Totalmente De Acuerdo, el 29% están De Acuerdo, el 7% se encuentran Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo, el 2% demostró estar en Desacuerdo, y el 1% Totalmente En Desacuerdo.

6. ¿Cree usted que, con la fabricación de estos bloques, se podría emplear un buen método de reciclaje?

*Tabla 12: Método de reciclaje.*

Opciones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<b>Totalmente de acuerdo</b>	52	58%
<b>De acuerdo</b>	29	32%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	6	7%
<b>En desacuerdo</b>	3	3%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	0	0%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*



*Figura 19. Método de reciclaje*

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

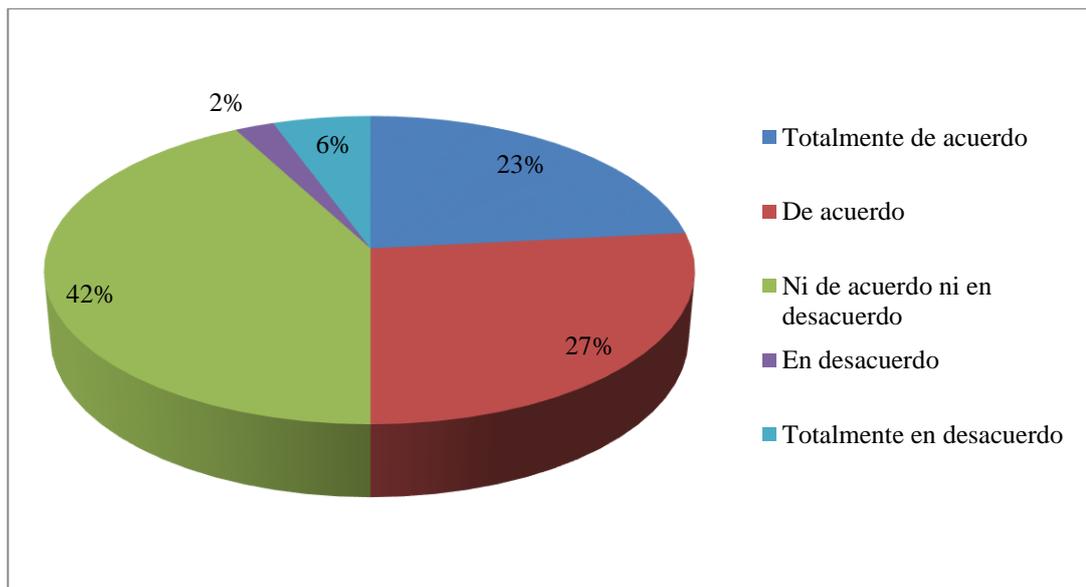
**Análisis:** A su vez el 58% de los encuestados es decir la mayor parte, mencionaron que estuvieron Totalmente De Acuerdo, el 32% se mostraron De Acuerdo, el 7% Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo, el 3% En Desacuerdo y efectivamente el 0% Totalmente En Desacuerdo.

7. ¿Estaría usted de acuerdo en pagar \$ 0,40 centavos por este bloque?

*Tabla 13: Precio.*

Opciones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<b>Totalmente de acuerdo</b>	21	23%
<b>De acuerdo</b>	24	27%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	38	42%
<b>En desacuerdo</b>	2	2%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	5	6%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)*



*Figura 20. Precio*  
*Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)*

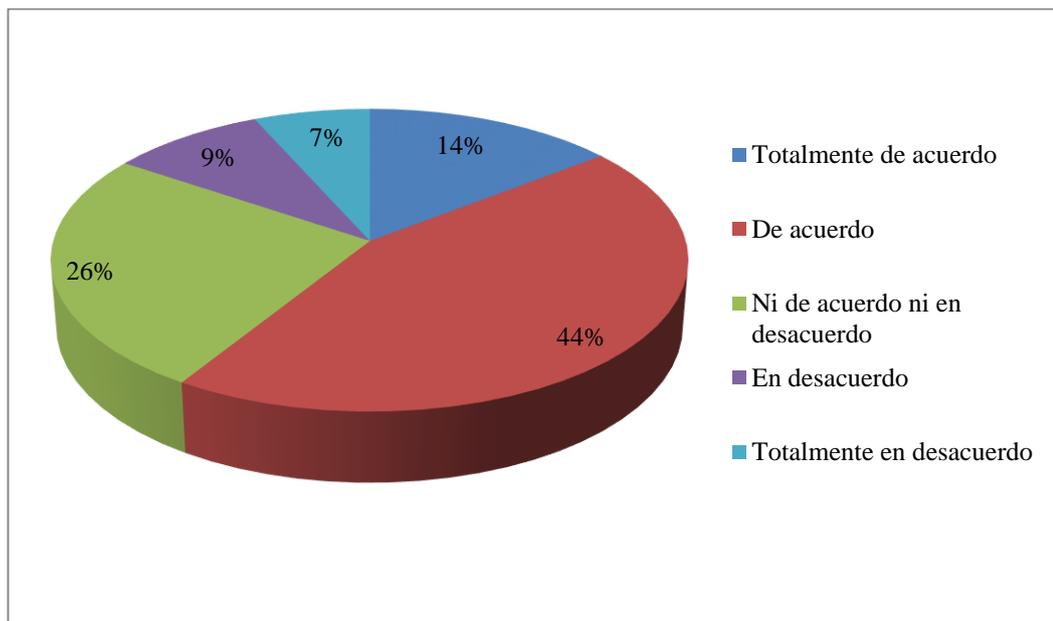
**Análisis:** En cuanto a esta pregunta el 23% de los participantes indicaron estar Totalmente De Acuerdo, el 27% están De Acuerdo, el 42% no estar Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo, el 2% en Desacuerdo y el 6% demostraron estar Totalmente En Desacuerdo.

8. ¿Cree usted que existen bloques elaborados con estos residuos fuera o dentro del país?

*Tabla 14: Bloques similares.*

Opciones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<b>Totalmente de acuerdo</b>	13	14%
<b>De acuerdo</b>	40	44%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	23	26%
<b>En desacuerdo</b>	8	9%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	6	7%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Sntaxi, J. (2019)*



*Figura 21. Bloques similares*  
*Elaborado por: Jácome, M. & Sntaxi, J. (2019)*

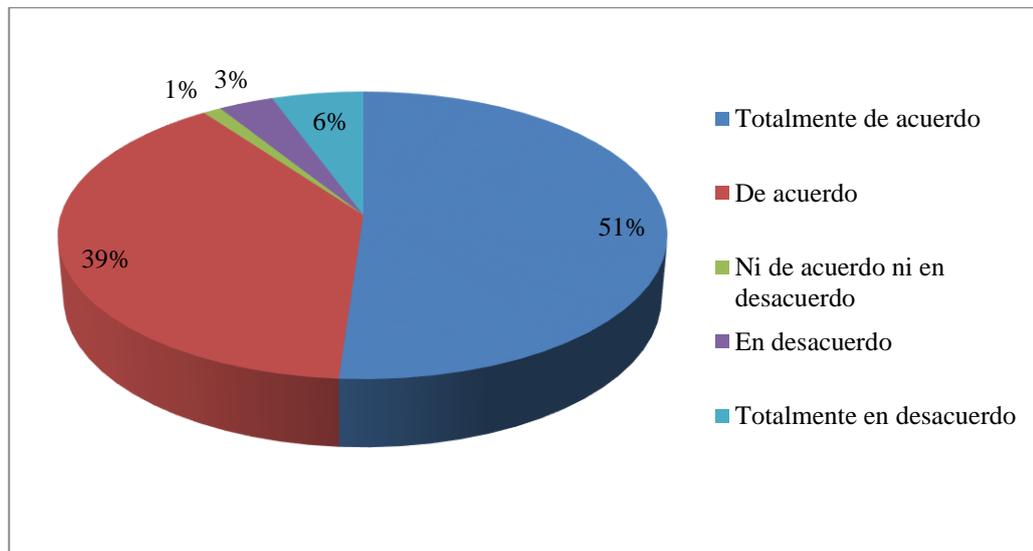
**Análisis:** Los resultados arrojaron que el 14% de las personas están Totalmente De Acuerdo, el 44% que es la mayor parte. Demostró estar De Acuerdo, el 26% respondió Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo, el 9% En Desacuerdo y el 7% Totalmente En Desacuerdo.

**9. ¿Considera usted que es posible adquirir estos bloques para la construcción de: viviendas, complejos deportivos, instituciones educativas y otros?**

*Tabla 15: Posibilidad de adquisición.*

Opciones	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
<b>Totalmente de acuerdo</b>	46	51%
<b>De acuerdo</b>	35	39%
<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	1	1%
<b>En desacuerdo</b>	3	3%
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	5	6%
<b>Total</b>	90	100%

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*



*Figura 22. Posibilidad de adquisición*

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

**Análisis:** Según estos resultados, la mayoría de los encuestados consideran que el 51% están Totalmente De Acuerdo, el 39% están De Acuerdo, el 1% Ni De Acuerdo Ni En Desacuerdo, el 3% se encontraron En Desacuerdo y el 6% Totalmente De Acuerdo.

## **CAPITULO IV**

### **Propuesta**

#### **4.1 Tema**

Análisis de las propiedades de bloques de construcción a partir de la fabricación de los mismos, con materiales reciclados como el PET, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cáscara de maní.

#### **4.2 Descripción de la propuesta**

En la propuesta que se presenta a continuación, contará con el desarrollo de la obtención del bloque de construcción alcanzado a partir de residuos agroindustriales, para lo cual se efectuará una previa descripción del proceso de obtención de los insumos (residuos agroindustriales), el tipo de material y herramientas de apoyo, así como también el resultado obtenido en las pruebas del laboratorio. Cabe mencionar que los bloques fabricados con materiales reciclados son provenientes de procesos industriales previos; tres de ellos específicamente son residuos orgánicos de procesos agronómicos (cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cáscara de maní), mientras que uno es inorgánico procedente de la industria del plástico (PET).

#### **4.3 Materiales y Herramientas Utilizadas**

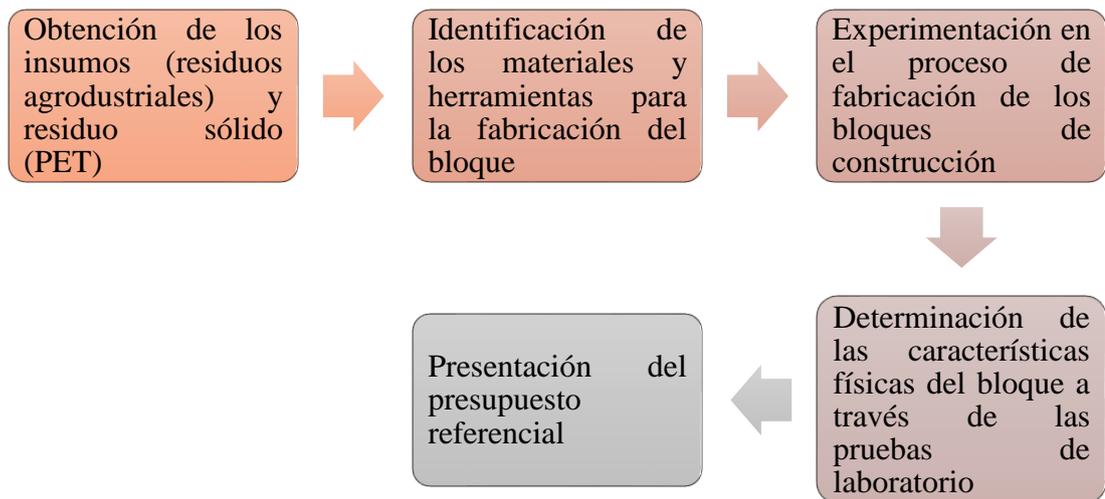
Los materiales seleccionados se mezclaron de manera aleatoria, estableciéndose un procedimiento empírico a lo largo de este proyecto, trabajando en diferentes dosificaciones antes de ser procesados; determinando las pruebas de resistencia y compresión, así como la composición adecuada para la elaboración final del producto. En este caso, además del agua utilizada para la compactación, a continuación, se presentan los materiales y herramientas empleadas para la fabricación de los bloques reciclados:

**Tabla 16: Materiales utilizados.**

Materiales utilizados	
Cemento	
Arena	
Piedra chasqui	
Cascarilla de arroz	
Bagazo de caña de azúcar	
Cáscara de maní	
PET pulverizado	

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

#### 4.4 Diagrama de flujo del proceso.



*Figura 23. Estructura de la propuesta*  
*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

#### 4.5 Obtención de la materia prima.

La iniciativa de fabricar bloques a partir de materiales reciclados tiene como objetivo ayudar a preservar el medio ambiente y reducir el impacto que genera el sector de la construcción sobre el entorno. Por lo tanto, los materiales se obtuvieron a partir de la recolección de residuos agrícolas (particularmente de la Cáscara de Maní, de Arroz y el Bagazo de la Caña de Azúcar, que generalmente son desechados, incinerados o lanzados a los ríos) y del reciclaje del plástico tereftalato de polietileno (PET) para emplearlos en la industria de la construcción.

En este caso, los residuos agrícolas se obtuvieron al granel y posteriormente fueron triturados y secados para la obtención del material para la mezcla, mientras que, en el caso del plástico, fueron pulverizados para obtener la composición deseada. Los materiales de construcción descritos anteriormente son sostenibles, así como el tratamiento realizado y las técnicas empleadas para su fabricación.

Las posibles aplicaciones de estos materiales dependen de las circunstancias locales y regionales. En cada localidad, se pueden examinar las condiciones específicas del suelo y la disponibilidad de los recursos, para encontrar el material de la calidad deseada para la fabricación de los bloques de construcción resistentes, adecuados para las condiciones del entorno.

A continuación, se procede a explicar de manera detallada la obtención de cada uno de estos materiales:

- **Bagazo de caña de azúcar:** Para este material se acudió hasta el Ingenio San Carlos, el cual es uno de los productores de caña de azúcar del país y se encuentra ubicado en el cantón Marcelino Maridueña de la provincia del Guayas. Por lo general el bagazo de caña de azúcar dentro de esta productora se lo reutiliza para la combustión de sus mismas maquinarias e investigaciones a un posible nuevo uso, no tiene otro fin adicional, por lo que se evidenció la posible oportunidad de ser donados a las cantidades adecuadas.



Figura 24. *Bagazo de caña de azúcar.*  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

- **Cascarilla de arroz:** En cuanto a este insumo se obtuvo entre Daule y Santa Lucía justificándose que en estos cantones se da una alta producción y calidad de este producto, a su vez se comercializa con un precio relativamente bajo frente a cantones como Durán y Guayaquil. La compra de los sacos de arroz se efectuó directamente en las píladoras de referencia de ambos cantones.



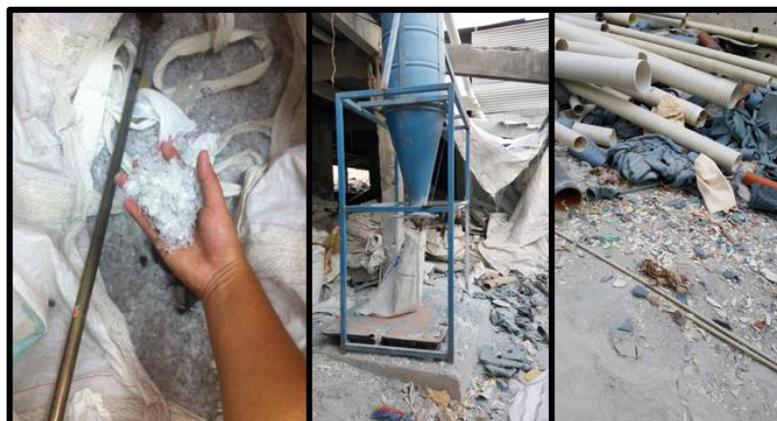
Figura 25. *Cascarilla de arroz*  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

- Cáscara de maní:** Para este material fue necesario acudir hasta el cantón Pedro Carbo, donde la producción del mismo se da en los alrededores, así como la comercialización del producto sin cáscara, esto permitió obtener consecuentemente la materia prima ya que este producto restante es arrojado formando cerros en los sectores y nos permitió obtener razonablemente este residuo de forma gratuita. Para conseguir el estado pulverizado, se tuvo que acudir a la píldora de Daule donde se adquirió el arroz y costear el precio del proceso de la cáscara de maní pulverizado.



*Figura 26. Máquina para extraer la Cáscara de maní.  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

- Plástico (Tereftalato de Polietileno):** Este insumo fue donado por la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil en estado triturado. Se llevó el plástico hacia la vía Daule para pulverizar el material donde existen varias bodegas de reciclaje en las cuales además de servir como centro de acopios son fuentes de comercialización de varios tipos de productos destinados para proyectos como el que se presenta en este documento.



*Figura 27. Máquina de triturar y pulverizar el plástico.  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

A continuación, se presentará de forma gráfica un breve procedimiento que hará conocer los pasos que se realizaron para llegar a la fabricación de los bloques, más adelante se expondrá el proceso descriptivo de forma más detallada para llegar al proceso final del mismo.



*Figura 28. Procedimiento de los bloques.  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

#### **4.5.1 Pre-Lavado**

Para asegurar la calidad del producto se recomienda realizar un pre lavado de los materiales orgánicos ya que como son residuos aún conservan sacarosa, lo que hace que se mantenga la humedad en estos desechos y dificulte la experimentación.

Existen varios métodos para realizar estos tratamientos en los desechos orgánicos:

- Tratamiento con Hidróxido de cal viva
- Lavado de flujo continuo
- Aditivo con silicato de sodio + sulfato de aluminio
- Lavado natural con agua
- Remojo con detergente industrial

En este caso se procedió a realizar el lavado, mezclando 220ml de Detergente Industrial más 12lt de agua, agregando la cantidad de 25kg de material, cubriendo totalmente el residuo con el que se va a trabajar de manera separada, cada uno de ellos se mantuvo herméticamente cerrados en recipientes plásticos por un lapso de 24h. Posteriormente se retiró una capa de espuma que resulta de la fermentación de un compuesto orgánico y la ausencia de oxígeno liberado.

Esto es causa de la descomposición térmica incitada a estos residuos agroindustriales, luego se filtró el agua dejando tamizar el sobrante. Este proceso se realizó las veces que fueron necesarias hasta que el residuo no presente los mismos efectos provocados con anterioridad, es decir; cuando se considere limpio, cuando no haya presencia de espuma ni cambio de color en el agua por remojar.



Figura 29. Tratamientos de los residuos.  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

#### 4.5.2 Secado

Para el secado de los materiales se procedió a extenderlos por separados en capas delgadas en un solo sitio sino sobre una superficie plana, dispersos para que pudieran recibir los rayos solares durante 9 horas por 3 o 4 días seguidos.



*Figura 30. Material expuesto al sol.  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

#### 4.5.3 Fabricación del Bloque

Estos residuos fueron transportados al cantón Durán – parroquia Eloy Alfaro en la fábrica de bloques “construbloq # 4” el día jueves 6 de diciembre del 2018, de lo cual se obtuvieron diferentes resultados en cuanto a coloración, consistencia y acabado de los bloques elaborados, considerando que en algunos casos se realizaron combinaciones de dos o tres materiales, y en otros casos se empleó para la mezcla todos los materiales mencionados para la fabricación. Como ya se ha mencionado anteriormente estuvieron mezclados aleatoriamente para una dosificación adecuada. A continuación, se mostrará un ejemplo de cómo fue el proceso de fabricación para llegar al resultado esperado.

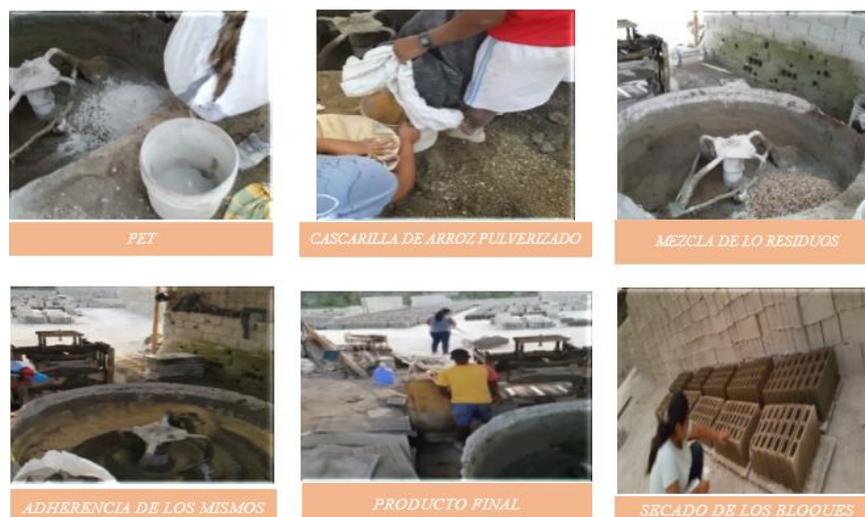


Figura 31. Mezcla de los residuos para la fabricación del bloque.  
Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

A continuación, se presentará una tabla identificando el nombre de cada uno de los prototipos a experimentar, de acuerdo a esto cada espécimen será registrado con un código de bloque y número a representar, así como la forma de presentación del material a utilizarse que puede ser pulverizado o entero.

**Tabla 17: Nombre de los Bloques.**

CÓDIGO DE BLOQUE	MATERIALES PULVERIZADOS
A + PET 1	Cascarilla de arroz pulverizado + PET
M + PET 1	Cáscara de maní pulverizado + PET
B + PET 1	Bagazo de caña de azúcar + PET
M + B 1	Cáscara de maní pulverizado + Bagazo de caña de azúcar
M + A 1	Cáscara de maní pulverizado + Cascarilla de arroz Pulverizado
A + B 1	Cascarilla de arroz pulverizado + Bagazo de Caña de azúcar
M + A + B + PET 1	Cáscara de maní pulverizado + Cascarilla de arroz pulverizado + Bagazo de caña de azúcar + PET
M + A + B 1	Cáscara de maní pulverizado + Cascarilla de arroz pulverizado + Bagazo de caña de azúcar
CÓDIGO DE BLOQUE	MATERIALES ENTEROS
A + PET 4	Cascarilla de arroz entero + PET
M + PET 4	Cáscara de maní entero + PET
B + PET 4	Bagazo de Caña de Azúcar + PET
M + B 4	Cáscara de maní entero + Bagazo de caña de Azúcar
M + A 4	Cáscara de maní entero + Cascarilla de arroz entero
A + B 4	Cascarilla de Arroz entero + Bagazo de caña de azúcar
M + A + B + PET 4	Cáscara de maní entero + Cascarilla de arroz entero + Bagazo de Caña de Azúcar + PET
M + A + B 4	Cáscara de maní entero + cascarrilla de arroz entero + Bagazo de caña de azúcar

Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

Según (INEN, 2018) en su apartado de: Bloques Huecos De Hormigón. Muestreo Y Ensayos. Establecen que:

#### **4.5.3.1 Selección de especímenes**

Se debe trabajar con bloques enteros correspondientes a esta misma norma.

#### **4.5.3.2 La norma Indica la cifra de especímenes a elaborar valiéndose por seis unidades enteras**

En esta investigación se obtuvo como resultado 16 tipos de bloques, 8 con materiales pulverizados y 8 con materiales enteros, realizando en cada una de ellos 9 especímenes por cada lote, obteniéndose un total de 144 bloques para iniciar las pruebas pertinentes.

#### **4.5.4 Experimentación**

Se trabajó de forma empírica en el uso de materiales para la dosificación de cada prototipo logrando así mantener una diferencia y poder comparar de forma detallada el resultado obtenido en las pruebas requeridas según indica la norma.

Se proyecta que estos materiales posean la calidad necesaria para poder superar a los bloques tradicionales sobre todo en los ensayos de compresión logrando así la continuidad del uso de estos residuos como materia prima para la construcción.

En la siguiente tabla se mostrará las cantidades que se utilizó para llevar a cabo las siguientes muestras.

**Tabla 18:** Dosificación de bloques con materiales pulverizados.

DOSIFICACIÓN MATERIALES PULVERIZADOS.								
A + PET1	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Arroz (kg)	PET (kg)		
	9,420	1,290	4,830	1,320	2,030	2,650		
M + PET 1	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	PET (kg)		
	3,620	6,520	3,220	1,320	8,860	2,650		
B + PET1	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Bagazo	PET (kg)		
	3,620	9,970	3,220	9,890	4,930	2,650		
M +BI	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	Bagazo (kg)		
	3,620	6,520	3,220	1,650	1,370	4,930		
M +AI	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	Arroz (kg)		
	3,620	6,520	4,030	9,890	1,770	2,030		
A +BI	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Arroz (kg)	Bagazo (kg)		
	3,620	6,520	32,200	3,300	3,160	1,420		
M+A+B+PET1	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	Arroz (kg)	Bagazo	PET (kg)
	3,620	1,260	3,220	3,300	2,270	2,030	1,370	2,040
M+A+BI	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	Arroz (kg)	Bagazo (kg)	
	4,688	1,260	3,220	3,300	2,270	2,030	1,370	

Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

**Tabla 19:** Dosificación de bloques con materiales enteros.

DOSIFICACIÓN MATERIALES ENTEROS.								
A + PET4	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Arroz (kg)	PET (kg)		
	3,620	6,520	32,200	3,300	4,090	2,650		
M + PET 4	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	PET (kg)		
	3,620	6,520	32,200	3,300	1,570	2,040		
B + PET4	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Bagazo (kg)	PET (kg)		
	3,220	9,570	3,210	9,690	4,730	2,510		
M +B4	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	Bagazo (kg)		
	3,620	6,520	32,200	3,300	2,210	1,670		
M +A4	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	Arroz (kg)		
	3,620	6,520	32,200	3,300	2,210	2,460		
A +B4	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Arroz (kg)	Bagazo (kg)		
	5,660	4,690	3,220	3,300	4,090	1,930		
M+A+B+PET4	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	Arroz (kg)	Bagazo (kg)	PET (kg)
	4,688	1,730	3,220	3,300	1,350	1,420	1,930	1,020
M+A+B4	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (kg)	Mani (kg)	Arroz (kg)	Bagazo (kg)	
	5,300	4,690	32,200	3,300	3,290	2,460	1,930	

Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

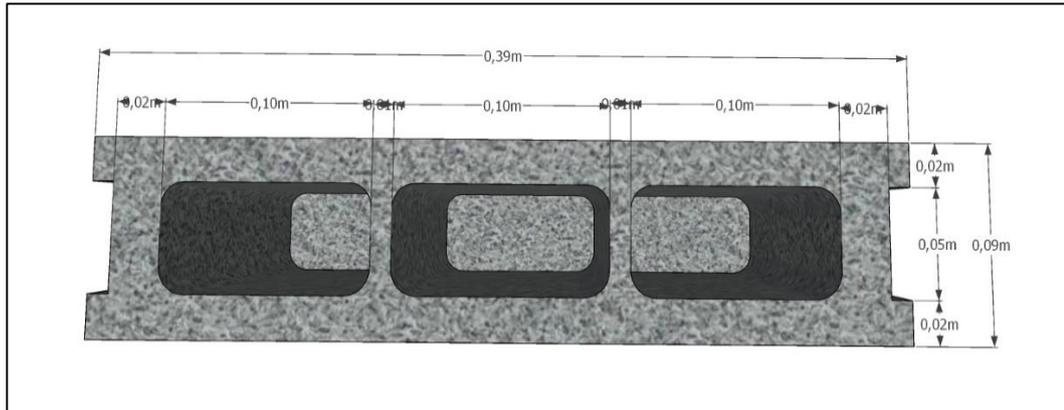
#### 4.6 Prototipos Realizados

El proceso de fabricación de los bloques inició el día jueves 06 de diciembre del 2018 culminando toda la experimentación el día sábado 08 de diciembre del mismo año, en la tabla 18 se mostrará las dimensiones, volumen y más adelante el registro gráfico de cada uno de los prototipos que se logró realizar.

**Tabla 20: Dimensiones.**

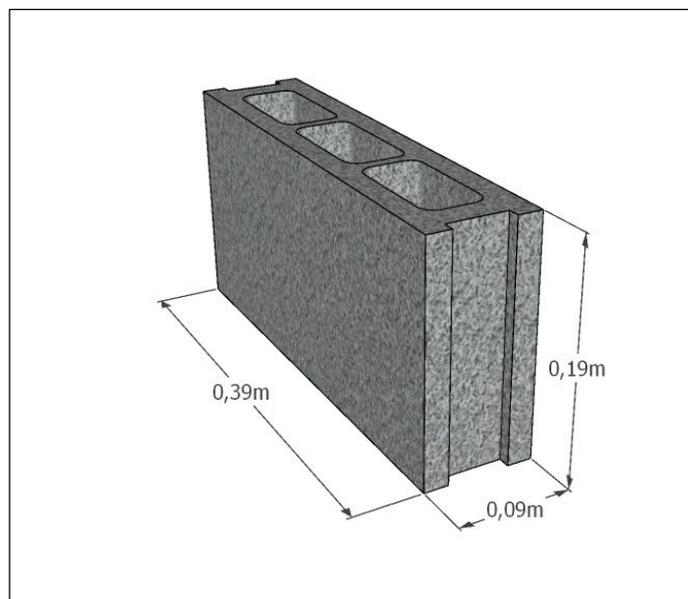
BLOQUES	L (m)	A (m)	H (m)	Volumen (m3)
	0,39	0,09	0,19	0,01

Elaborado por: (Jácome, M. & Suntaxi, J. 2019)



**Figura 32. Vista superior del bloque**

Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)



**Figura 33. Vista lateral del bloque**

Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

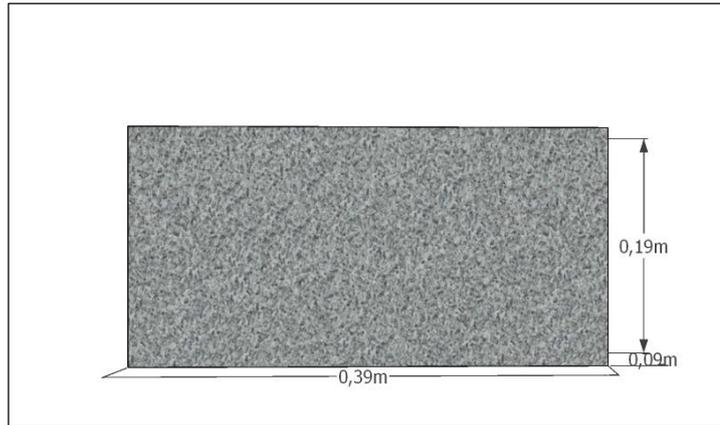


Figura 34. Vista frontal del bloque  
Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

Tabla 21: Imágenes de los prototipos con materiales pulverizados.

<b>PROTOTIPOS CON MATERIALES PULVERIZADOS</b>			
<b>Arroz + Pet1</b>	<b>Bagazo + Pet1</b>	<b>Maní + C. Arroz1</b>	<b>Maní + Arroz + Bagazo + Pet1</b>
			
<b>Maní + Pet1</b>	<b>Maní + Bagazo1</b>	<b>Arroz + Bagazo1</b>	<b>Maní + Arroz + Bagazo1</b>
			

Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

**Tabla 22: Imágenes de los prototipos con materiales enteros.**

<b>PROTOTIPOS CON MATERIALES ENTEROS</b>			
<b>Arroz + Pet4</b>	<b>Bagazo + Pet4</b>	<b>Maní + C. Arroz4</b>	<b>Maní + Arroz + Bagazo + Pet4</b>
			
<b>Maní + Pet4</b>	<b>Maní + Bagazo4</b>	<b>Arroz + Bagazo4</b>	<b>Maní + Arroz + Bagazo4</b>
			

*Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*

#### **4.6.1 Pruebas de Densidad, Absorción y Humedad.**

Los ensayos fueron ejecutados en el laboratorio de suelo y hormigón de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

La primera prueba se realizó siete días después de haber culminado la fabricación de los bloques el día (jueves 13 de diciembre del 2018), período destinado al curado (secado) de los especímenes para ser pesados tal como se los recibe, cumpliendo con esto las fechas nombradas. Posteriormente, se sumergieron en la piscina durante un período de 24 horas, se volvieron a pesar resultando los siguientes datos:

**Tabla 23: Pruebas de densidad, absorción y humedad con materiales pulverizados.**

<b>PROTOTIPOS CON MATERIALES PULVERIZADOS</b>									
<b>A+PETI</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>	<b>M+PETI</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>
	1	-82560	36	90		1	253	40	41
	2	4387	37	14		2	-6446	32	20
	3	-635	-11	-177		3	3015	28	19
	4	-38592	1,4	70		4	-30344	19	102
	5	-1082	16	103		5	393	31	100
	6	2139	27	41		6	573	16	56
	7	5120	12	-0,1		7	122	16	99
	8	4074	28	46		8	4702	16	22
	9	4660	29	44		9	5250	29	41
<b>B+PETI</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>	<b>M+BI</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>
	1	9672	32	23		1	9895	39	57
	2	-3412	31	26		2	-5190	38	45
	3	-966	20	-31		3	465	20	118
	4	386	25	105		4	-1362	-0,7	4857
	5	295	27	89		5	440	-0,3	7433
	6	627	-0,2	-9760		6	365	4,5	-3,9
	7	-64	19	382		7	405	-8,7	-3,4
	8	-318	-37	101		8	-966	20	-31
	9	-11	-14	146		9	-1108	44	-4,3
<b>M+AI</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>	<b>A+BI</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>
	1	-2090	35	66		1	13686	32	50
	2	-6974	27	65		2	-7291	28	36
	3	-983	-11	9		3	4285	12	-0,7
	4	182550	-17	257,7		4	16953	19	-112
	5	306	-1	3922		5	-238	6,4	1145
	6	437	0,3	-9570		6	399	24	99
	7	5074	14	45		7	707	-2,2	-78
	8	-3350	11	-14		8	-25067	-21	-25
	9	66000	18	23		9	-1637	-13	89
<b>M+A+B+PETI</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>	<b>M+A+BI</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>
	1	-6288	30	67		1	-3670	39	25
	2	-3488	26	40		2	-3967	23	-13
	3	-992	-18	5		3	1881	23	39
	4	252	89	54		4	195	38	100
	5	1037	10	169		5	-429	-16	-11
	6	1849	55	0,3		6	761	-13	165
	7	43831	-14	-0,1		7	-40240	24	-0,9
	8	543	17	77		8	9698	-0,6	-79
	9	-443	0	6325		9	285	0,6	-3121

Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

Los registros obtenidos en la tabla de ensayos determinaron que algunas de las variedades de bloques con materiales pulverizados no presentaron consecuencias que afecten la calidad de los mismos seleccionando así el prototipo con mayor resultado como se identificará el en siguiente gráfico de barras.

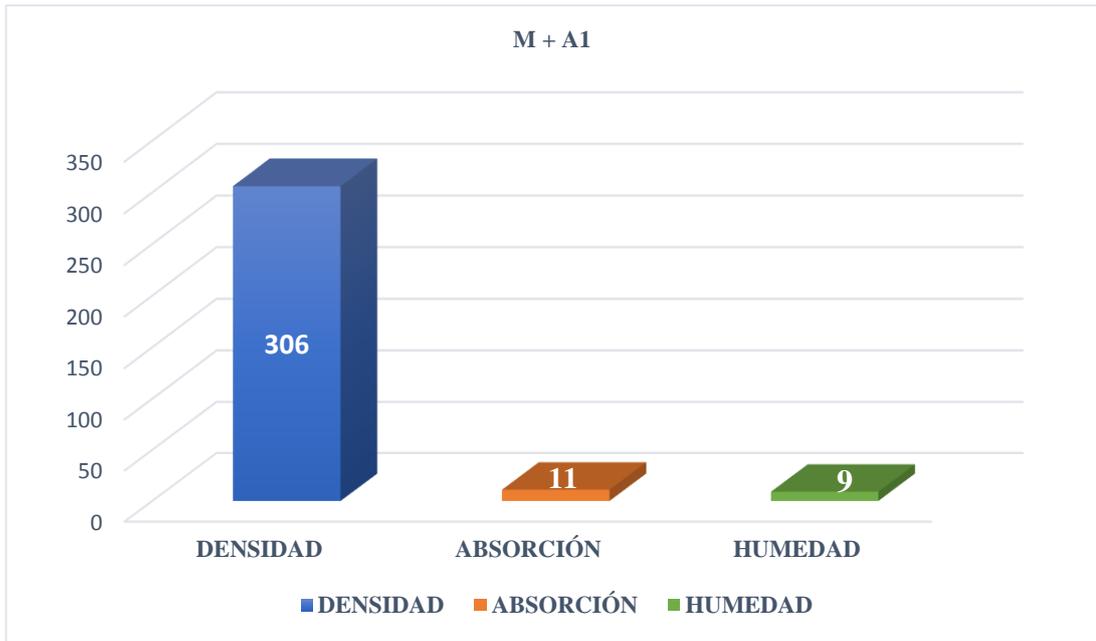


Figura 35. Pruebas de densidad, absorción y humedad M + A1.  
 Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

Se seleccionó el tipo de bloque M + A1. Por estar dentro del rango según la norma INEN 638, lo cual indica que la densidad no debe sobrepasar los 2.400 Kg, mientras que el rango de absorción y humedad no debe ser mayor que el 15%.

**Tabla 24:** Pruebas de densidad, absorción y humedad con materiales enteros.

<b>PROTOTIPOS CON MATERIALES ENTEROS</b>									
<b>A+PET4</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>	<b>M+PET4</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>
	1	4546	29	8,2		1	5603	28	18
	2	-8081	36	27		2	4131	37	56
	3	404	10	-96		3	-1066	-19	113
	4	-282	-13	-114		4	-16713	19	149
	5	-1610	32	-1,8		5	-704	-13	-7,4
	6	401	25	4,3		6	3176	14	-119
	7	360	3,1	-769		7	50215	7,4	-35
	8	482	-4,2	-19		8	-40340	30	77
9	-546	-10	-70	9	488	1,8	461		
<b>B+PET4</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>	<b>M+B4</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>
	1	9672	32	23		1	130375	23	23
	2	1967	34	35		2	4415	30	32
	3	-966	20	-31		3	-925	-23	61
	4	-522	-4,2	90		4	1379	2,3	119
	5	612	3,8	58		5	27200	18	37
	6	488	45	0,6		6	274	35	37
	7	-19394	-0,5	-283		7	6632	7,8	-62
	8	-7421	-18	-19		8	1063	1,0	-294
9	9667	175	89	9	-3350	11	-14		
<b>M+A4</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>	<b>A+B4</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>
	1	4609	31	44		1	4252	32	34
	2	4194	30	80		2	5179	24	18
	3	4854	-23	32		3	-755	29	34
	4	893	19	-11		4	-6974	18	118
	5	1101	30	24		5	572	-12	246
	6	662	12	-487		6	2633	25	142
	7	-1221	16	87		7	2210	-23	211
	8	441	17	-37		8	7799	-17	-0,4
9	215	10	-364	9	7298	20	-17		
<b>M+A+B+PET4</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>	<b>M+A+B4</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Absorción</b>	<b>Humedad</b>
	1	-4740	16	25		1	-8178	19	28
	2	-10665	30	28		2	-3595	38	19
	3	617	3	101		3	-30225	-1	-2437
	4	475	1,0	-1880		4	425	23	69
	5	3245	10	-268		5	-644	-14	-3,8
	6	-4242	-20	19		6	2540	0	-19860
	7	3461	-14	14		7	9793	-36	-2
	8	8720	16	76		8	584	-2,4	797
9	503400	19	6,6	9	-1894	13	102		

Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

Los registros obtenidos en la tabla de ensayos determinaron dos tipos de bloques que presentaron las características pertinentes, a continuación, se presentará los gráficos de barras para un mayor detalle:

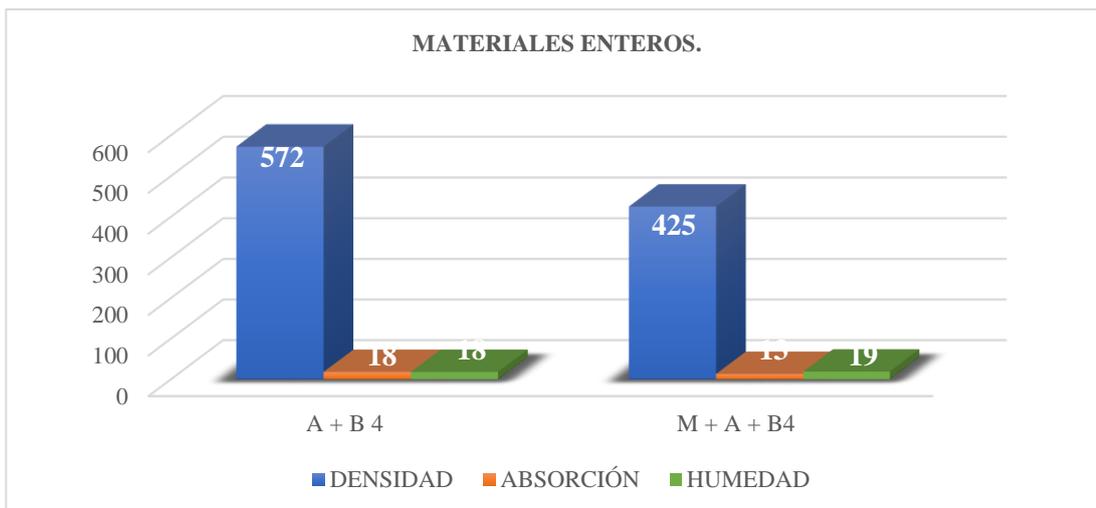


Figura 36. Pruebas de densidad, absorción y humedad. A + B4 & M + A + B4  
Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

Se puede notar la variación de ciertos bloques resultantes de los ensayos. Es por esto que se seleccionó los de mayores resultados porque poseen la densidad, absorción y humedad adecuada, mientras que en los anteriores no cumplen con el rango esperado. Es así como se puede determinar que el bloque A + B4 y M + A + B4 poseen esas características.

#### 4.7 Pruebas de Compresión.

Los ensayos de compresión se realizaron con el objetivo de determinar si estos materiales aportan las suficientes o mejores propiedades que el bloque tradicional. Es por ello que se efectuará una breve explicación como un bloque es sometido a una fuerza comprimida.

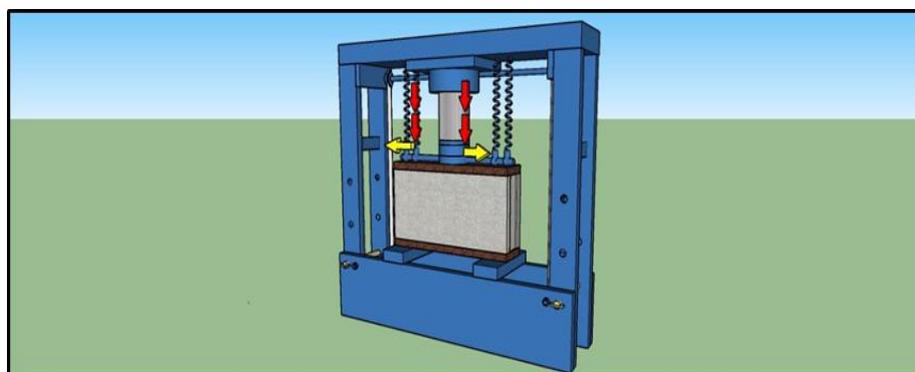


Figura 37. Máquina de compresión  
Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

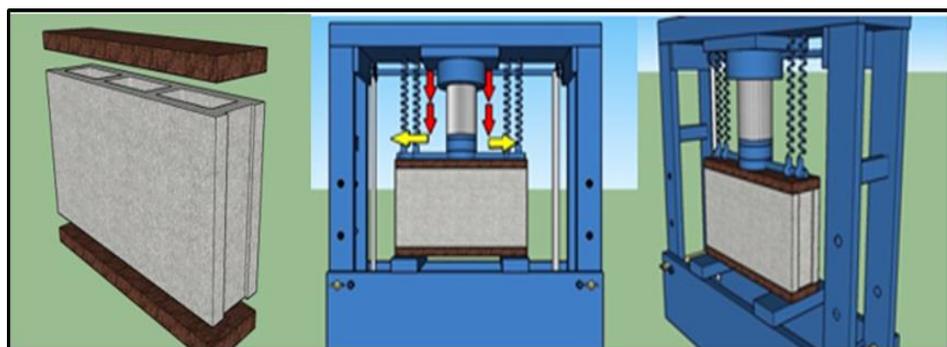


Figura 38. Ensayos de compresión  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

Mediante estas ilustraciones se puede decir cómo fueron ubicados los bloques en la prensa hidráulica para poder ejecutar su propia rotura denominada; carga axial, que dispersa su fuerza comprimida a una placa metálica de 40 cm superior e inferior esto con el fin de identificar a cuánta presión se fractura la pieza, con base en la norma INEN 3066, INEN 639, e INEN 643.

**Tabla 25: Pruebas de Compresión con materiales pulverizados.**

MATERIALES PULVERIZADOS											
A+PETI	Resistencia (TON)	Compresión(kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa	M+PETI	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa
7 DÍAS	2,5	11,54	28,9	0,10	2,83	7 DÍAS	1,3	11,54	14,8	0,10	1,45
	2,2	11,54	25,4	0,10	2,49		1,4	11,54	16,2	0,10	1,58
	2,1	11,54	24,2	0,10	2,38		1,2	11,54	13,8	0,10	1,36
14 DÍAS	2,4	11,54	27,8	0,10	2,73	14 DÍAS	1,3	11,54	15,2	0,10	1,50
	1,2	11,54	13,8	0,10	1,36		2,0	11,54	23,4	0,10	2,30
	1,3	11,54	15,0	0,10	1,47		1,1	11,54	12,2	0,10	1,20
28 DÍAS	2,6	11,54	29,8	0,10	2,92	28 DÍAS	1,4	11,54	16,0	0,10	1,57
	2,0	11,54	23,2	0,10	2,28		1,2	11,54	13,3	0,10	1,30
	1,0	11,54	11,9	0,10	1,17		2,0	11,54	23,5	0,10	2,31
B+PETI	Resistencia (TON)	Compresión(kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa	M+B1	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa
7 DÍAS	1,1	11,54	12,3	0,10	1,21	7 DÍAS	2,0	11,54	22,5	0,10	2,21
	2,0	11,54	23,3	0,10	2,29		1,1	11,54	12,2	0,10	1,20
	1,2	11,54	13,6	0,10	1,34		2,0	11,54	23,2	0,10	2,28
14 DÍAS	2,4	11,54	27,7	0,10	2,72	14 DÍAS	2,4	11,54	27,7	0,10	2,72
	1,1	11,54	12,1	0,10	1,19		1,1	11,54	12,3	0,10	1,21
	1,7	11,54	19,6	0,10	1,92		1,1	11,54	13,2	0,10	1,29
28 DÍAS	2,6	11,54	29,8	0,10	2,92	28 DÍAS	2,6	11,54	29,8	0,10	2,92
	3,0	11,54	34,7	0,10	3,41		2,2	11,54	25,5	0,10	2,50
	2,1	11,54	24,2	0,10	2,38		2,2	11,54	25,0	0,10	2,46
M+A1	Resistencia (TON)	Compresión(kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa	A+B1	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa
7 DÍAS	1,3	11,54	14,8	0,10	1,45	7 DÍAS	2,6	11,54	30,4	0,10	2,98
	2,1	11,54	24,3	0,10	2,39		2,3	11,54	26,9	0,10	2,64
	2,2	11,54	25,6	0,10	2,51		2,2	11,54	25,3	0,10	2,48
14 DÍAS	1,3	11,54	15,2	0,10	1,50	14 DÍAS	2,8	11,54	32,0	0,10	3,14
	1,1	11,54	12,7	0,10	1,25		2,1	11,54	24,3	0,10	2,39
	1,1	11,54	13,2	0,10	1,29		1,2	11,54	13,5	0,10	1,32
28 DÍAS	2,3	11,54	26,2	0,10	2,57	28 DÍAS	3,8	11,54	43,5	0,10	4,27
	2,2	11,54	24,8	0,10	2,43		1,1	11,54	13,2	0,10	1,29
	1,2	11,54	14,0	0,10	1,37		2,0	11,54	23,3	0,10	2,29
M+A+B+PETI	Resistencia (TON)	Compresión(kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa	M+A+B1	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa
7 DÍAS	1,8	11,54	20,4	0,10	2,00	7 DÍAS	1,9	11,54	21,9	0,10	2,15
	1,4	11,54	16,3	0,10	1,60		1,9	11,54	21,6	0,10	2,12
	1,5	11,54	17,3	0,10	1,70		1,2	11,54	14,1	0,10	1,38
14 DÍAS	1,8	11,54	20,8	0,10	2,04	14 DÍAS	1,8	11,54	21,1	0,10	2,07
	2,1	11,54	24,2	0,10	2,38		1,2	11,54	13,6	0,10	1,34
	2,0	11,54	23,4	0,10	2,30		1,0	11,54	11,8	0,10	1,15
28 DÍAS	2,6	11,54	29,8	0,10	2,92	28 DÍAS	2,5	11,54	29,2	0,10	2,86
	1,9	11,54	21,9	0,10	2,15		2,3	11,54	26,9	0,10	2,64
	1,8	11,54	20,2	0,10	1,98		2,5	11,54	29,0	0,10	2,84

Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

Se pudo notar las características que surgían tras la fabricación y experimentación de los prototipos con materiales pulverizados logrando expresar que en algunas mezclas no llegaban a ser muy compactas, otras presentaban las texturas de los materiales en la superficie del mismo, había variación porque la fibra no permitía fraguar con normalidad a los demás materiales quedando unido al bagazo en forma de grumos. Otras mezclas hacían que el espécimen tuviese una pigmentación amarilla.

Una vez conocido todos los resultados que alcanzó esta clasificación de bloques con residuos pulverizados, se puede determinar que no son factibles para su fabricación.

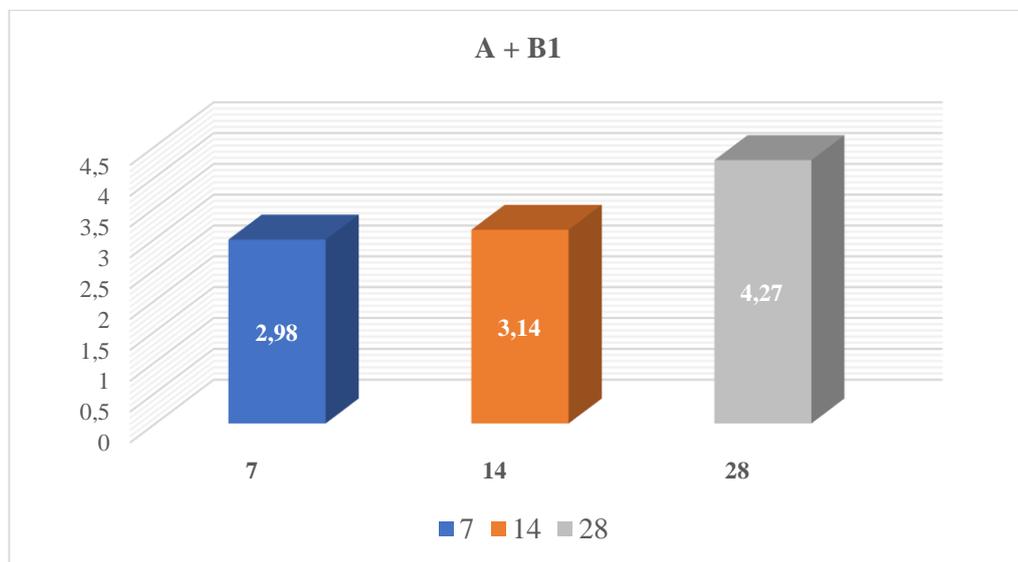


Figura 39. Pruebas de Compresión con materiales pulverizados.  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

A pesar que los resultados demostraron que un solo bloque se encuentra dentro de los parámetros de resistencia que los demás prototipos, no se puede afirmar la factibilidad del uso de estos materiales para su fabricación.

**Tabla 26: Pruebas de Compresión con materiales enteros.**

MATERIALES ENTEROS											
A+PET4	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa	M+PET4	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa
7 DÍAS	1,0	11,54	12,0	0,10	1,20	7 DÍAS	1,9	11,54	21,5	0,10	2,15
	1,2	11,54	13,8	0,10	1,38		1,5	11,54	16,7	0,10	1,67
	1,4	11,54	16,2	0,10	1,62		1,8	11,54	20,8	0,10	2,08
14 DÍAS	1,1	11,54	13,2	0,10	1,32	14 DÍAS	2,5	11,54	28,4	0,10	2,84
	1,3	11,54	15,2	0,10	1,52		2,0	11,54	23,2	0,10	2,32
	2,0	11,54	23,2	0,10	2,32		1,2	11,54	14,0	0,10	1,40
28 DÍAS	1,3	11,54	14,5	0,10	1,45	28 DÍAS	2,5	11,54	29,2	0,10	2,92
	1,1	11,54	13,2	0,10	1,32		1,9	11,54	22,3	0,10	2,23
	1,2	11,54	14,1	0,10	1,41		1,9	11,54	21,6	0,10	2,16
B+PET4	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa	M+B4	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa
7 DÍAS	1,3	11,54	14,5	0,10	1,45	7 DÍAS	3,7	11,54	42,7	0,10	4,27
	1,5	11,54	17,3	0,10	1,73		2,3	11,54	26,8	0,10	2,68
	1,4	11,54	16,2	0,10	1,62		2,5	11,54	28,9	0,10	2,89
14 DÍAS	1,3	11,54	15,0	0,10	1,50	14 DÍAS	2,5	11,54	29,2	0,10	2,92
	1,2	11,54	13,6	0,10	1,36		2,8	11,54	31,9	0,10	3,19
	1,2	11,54	14,1	0,10	1,41		2,5	11,54	29,3	0,10	2,93
28 DÍAS	1,4	11,54	15,7	0,10	1,57	28 DÍAS	1,4	11,54	15,7	0,10	1,57
	1,3	11,54	15,0	0,10	1,50		2,4	11,54	27,8	0,10	2,78
	1,0	11,54	11,8	0,10	1,18		2,9	11,54	33,1	0,10	3,31
M+A4	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa	M+A+B+PET4	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa
7 DÍAS	3,7	11,54	42,7	0,10	4,27	7 DÍAS	5,0	11,54	57,3	0,10	5,73
	2,8	11,54	32,1	0,10	3,21		4,0	11,54	46,5	0,10	4,65
	3,0	11,54	34,5	0,10	3,45		4,1	11,54	47,2	0,10	4,72
14 DÍAS	3,7	11,54	42,7	0,10	4,27	14 DÍAS	4,9	11,54	56,1	0,10	5,61
	2,6	11,54	29,7	0,10	2,97		4,0	11,54	46,4	0,10	4,64
	2,9	11,54	33,5	0,10	3,35		4,1	11,54	47,3	0,10	4,73
28 DÍAS	3,7	11,54	42,8	0,10	4,28	28 DÍAS	4,9	11,54	56,1	0,10	5,61
	3,0	11,54	34,7	0,10	3,47		3,4	11,54	39,2	0,10	3,92
	3,0	11,54	34,5	0,10	3,45		3,0	11,54	34,7	0,10	3,47
M+A+B4	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa	A+B4	Resistencia (TON)	Compresión (kg/m3)	kgf/cm2	Conversión	MPa
7 DÍAS	5,0	11,54	57,8	0,10	5,78	7 DÍAS	5,0	11,54	57,3	0,10	5,73
	4,1	11,54	47,3	0,10	4,73		3,6	11,54	41,0	0,10	4,10
	3,3	11,54	38,1	0,10	3,81		4,5	11,54	51,9	0,10	5,19
14 DÍAS	5,0	11,54	57,8	0,10	5,78	14 DÍAS	5,1	11,54	58,3	0,10	5,83
	3,7	11,54	42,7	0,10	4,27		4,2	11,54	48,1	0,10	4,81
	2,9	11,54	33,5	0,10	3,35		4,5	11,54	52,4	0,10	5,24
28 DÍAS	5,1	11,54	58,3	0,10	5,83	28 DÍAS	5,1	11,54	58,3	0,10	5,83
	3,2	11,54	36,4	0,10	3,64		4,1	11,54	47,5	0,10	4,75
	2,8	11,54	31,9	0,10	3,19		3,7	11,54	42,7	0,10	4,27

Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

La experimentación con los materiales Enteros mostró que algunas mezclas mejoraron en cuanto la forma de utilización de los materiales, dos de ellos registraron los mejores resultados en las pruebas de compresión.

El gráfico indicará aquellos bloques que han obtenido los resultados más favorables en el transcurso de los días que dicta la norma.

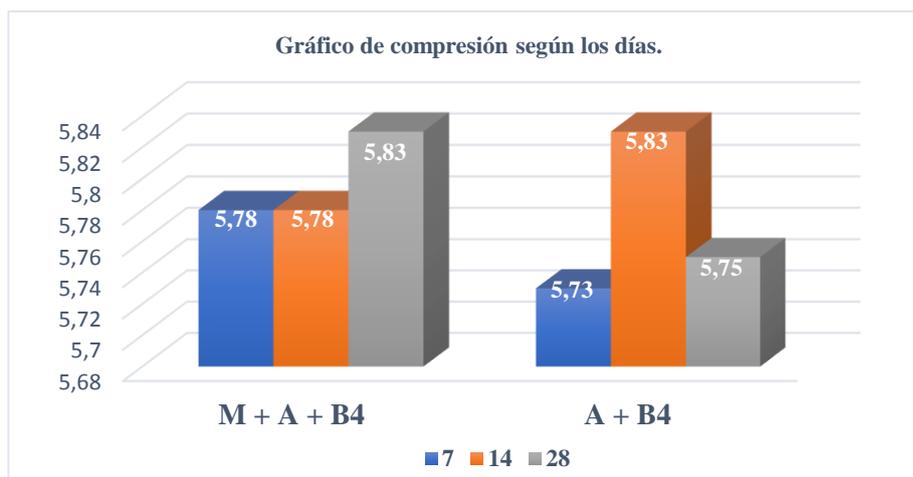


Figura 40. Pruebas de Compresión con materiales enteros.  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

Los resultados obtenidos mediante la experimentación de prototipos con materiales enteros demostraron tener mayor factibilidad en cuanto a su resistencia, de acuerdo con los siguientes datos se seleccionó los más convenientes que son los; M + A + B4 & A + B4 para iniciar con el análisis comparativo con los bloques tradicionales.

#### 4.7.1 Bloques Mercado Tradicional.

Adicionalmente, se realizó el mismo procedimiento de ensayos a los bloques: Rocafuerte, Disensa, Victoria, y Construbloq #4 para identificar los niveles de resistencia a la compresión de los mismos a fin de establecer una comparación congruente a los datos ya conocidos. En este caso, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

##### 4.7.1.1 Dimensión y Volumen de bloques del Mercado Tradicional.

Tabla 27: Dimensiones y Volumen de Bloques Comerciales.

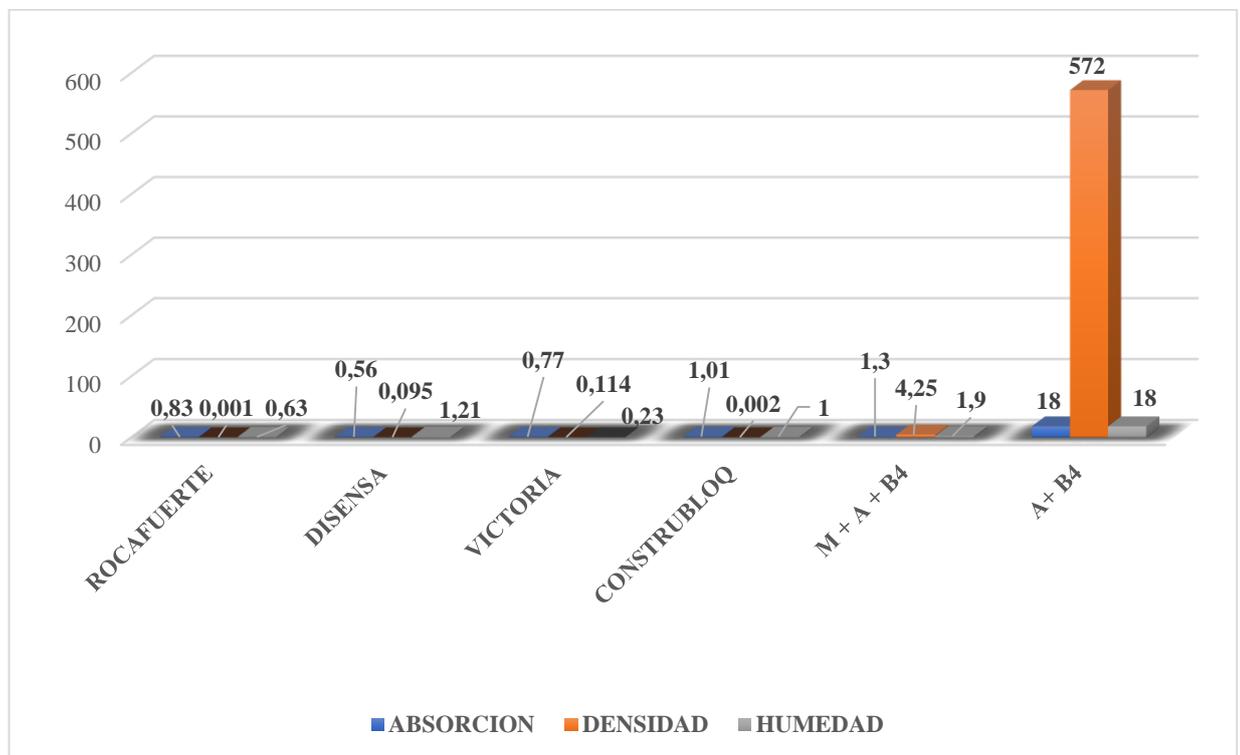
NOMBRE DE BLOQUE	DETALLE	L (m)	A(m)	H(m)	VOLUMEN m3
ROCAFUERTE		0,36	0,09	0,19	0,01
DISENSA	BLOQ. COMERCIALES	37,5	0,07	0,18	0,47
VICTORIA		37,5	0,08	0,19	0,57
CONSTRUBLOQ#4		0,39	0,09	0,19	0,01

Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

**Tabla 28: Pruebas de densidad, absorción y humedad.**

Detalle	L (m)	A (m)	H (m)	volumen (m3)	Mr (kg)	Ms (kg)	Md (kg)	Mi (kg)	Densidad	Absorción	Humedad
Rocafuerte	0,36	0,09	0,19	0,01	5,843	6,15	5,318	6,244	0,001	0,83	0,63
Rocafuerte	0,36	0,09	0,19	0,01	5,915	5,252	5,189	6,136	0,001	0,06	11,5
Rocafuerte	0,36	0,09	0,19	0,01	5,4	6,085	4,373	5,29	0,001	1,71	0,6
Disensa	37,5	0,07	0,18	0,47	5,24	5,102	4,23	5,132	0,09	0,87	1,16
Disensa	37,5	0,07	0,18	0,47	4,98	4,863	4,3	4,896	0,095	0,56	1,21
Victoria	37,5	0,08	0,19	0,57	4,994	5,58	4,815	5,677	0,114	0,77	0,23
Victoria	37,5	0,08	0,19	0,57	4,906	5,647	4,901	5,609	0,116	0,75	0,01
Construbloq#4	0,39	0,09	0,19	0,01	3,455	3,21	3,34	4,054	0,002	-0,13	-0,88
Construbloq#4	0,39	0,09	0,19	0,01	4,027	4,03	3,025	4,045	0,002	1,01	1,00
M + A + B4	0,39	0,09	0,19	0,01	5,866	6,524	5,641	6,643	425	13	19
A + B4	0,39	0,09	0,19	0,01	2,004	2,998	3,890	2,822	572	18	18

Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)



**Figura 41. Pruebas de densidad, absorción y humedad.**

Elaborado por: Jácome M, & Suntaxi J. (2019)

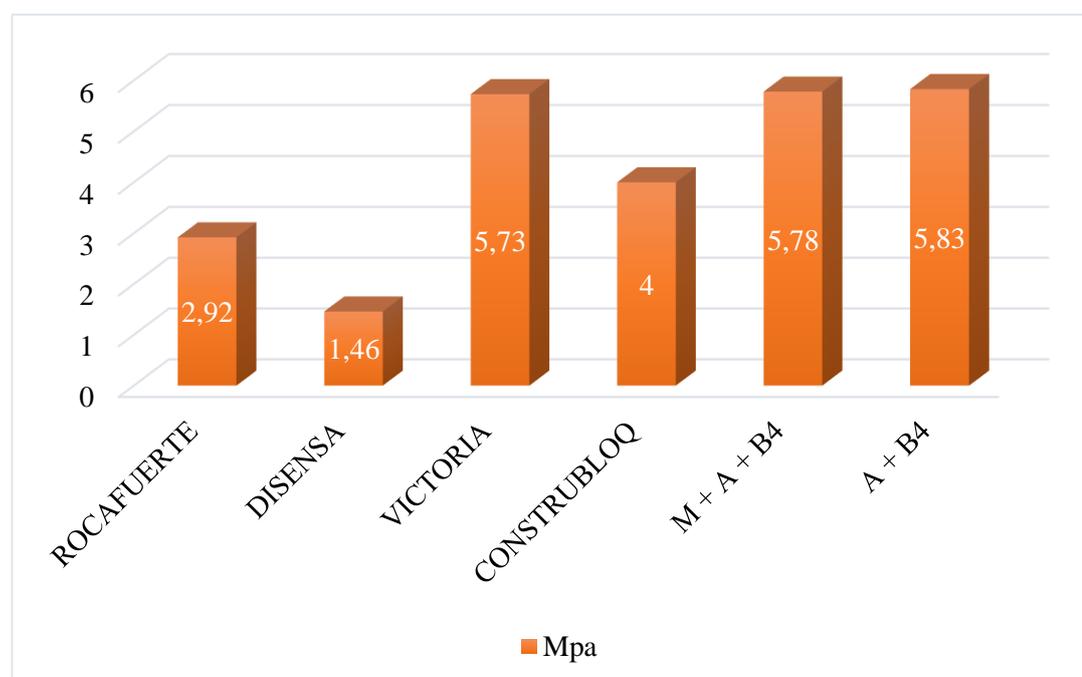
Como se puede notar en el gráfico de comparación de las pruebas existentes, esto indica que los bloques A + B4 y los M + A + B4 presentaron mayores resultados de densidad, absorción y humedad que los bloques del mercado tradicional.

#### 4.7.1.2 Prueba de resistencia.

*Tabla 29: Pruebas de Compresión.*

Nombre de bloque	Resistencia (TON)	kgf/cm <sup>2</sup>	Compresión(kg/m <sup>3</sup> )	Conversión	MPa
<b>Rocafuerte</b>	2,5	11,54	28,85	0,10	2,92
<b>Rocafuerte</b>	2,5	11,54	28,85	0,10	2,92
<b>Rocafuerte</b>	2,5	11,54	28,85	0,10	2,92
<b>Disensa</b>	1,3	11,54	14,43	0,10	1,46
<b>Disensa</b>	1,3	11,54	14,43	0,10	1,46
<b>Victoria</b>	5	11,54	57,7	0,10	5,73
<b>Victoria</b>	3,8	11,54	43,28	0,10	4,31
<b>Construbloq#4</b>	2,5	11,54	28,85	0,10	2,89
<b>Construbloq#4</b>	3,2	11,54	36,93	0,10	4
<b>M + A + B4</b>	5,0	11,54	57,8	0,10	5,78
<b>A + B4</b>	5,1	11,54	58,3	0,10	5,83

Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)



*Figura 42. Pruebas de compresión.*

Elaborado por: Jácome M, & Suintaxi J. (2019)

En las tablas de resultados, se puede comparar la resistencia de los especímenes. Demostrando con esto, que los del mercado tradicional no superan la calidad de los bloques; M +A + B4, y A + B4.

Llegando a la conclusión, que las ventajas que aportan estos residuos agroindustriales ofrecen mejores resultados en cuanto a calidad y precio, incentivando

con esto la reutilización de estos materiales para la construcción y ayuda del medio ambiente.

#### 4.8 Presupuesto referencial

El presupuesto referencial para la fabricación de los bloques de construcción que se detallará es a partir de residuos agroindustriales, considerando que son: Cascarilla de arroz, Cáscara de Maní y Bagazo de Caña de Azúcar.

**Tabla 30: Presupuesto Referencial.**

BLOQUES		(M + A + B4) & ( A + B4)				
MANO DE OBRA						
COSTO DIRECTO						
DESCRIPCIÓN	C	C/H	C/D	J/H	D. TRABAJO	TOTAL
maestro bloquero	1	0,07	\$0,21	3	3	0,63
peon	1	0,07	\$0,21	3		0,63
<b>SUBTOTAL</b>		<b>0,14</b>	<b>\$0,42</b>			<b>1,25</b>
MATERIALES PARA LOS BLOQUES						
DESCRIPCIÓN	D	C	C. U	P. U		TOTAL
detergente industrial	kg	25	0,5	0,04		0,008
Cascarilla de Arroz	kg	25	4,1	0,05		0,008
Cáscara de Maní	kg	25	3,3	0,04		0,005
bagazo de caña de azúcar	kg	25	1,9	0,10		0,008
cemento portland	kg	50	1	0,50		0,010
piedra chasqui	kg	25	32	0,15		0,193
arena	kg	40	10	0,15		0,038
agua	LT	11	3,3	0,10		0,030
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,29</b>
<b>TOTAL C.D POR FABRICACIÓN</b>						<b>1,54</b>
<b>CANTIDAD DE BLOQUES</b>						<b>18</b>
<b>COSTO DE BLOQUE</b>						<b>0,09</b>
COSTOS INDIRECTOS						
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	N° VIAJES	D	P	PROMEDIO		TOTAL
Cantón Marcelino Maridueñas	1	62km	\$5	\$0,28		\$0,28
Cantón Santa Lucia						
Cantón Pedro Carbo						
<b>TOTAL C.I POR FABRICACIÓN</b>						\$0,28
<b>CANTIDAD DE BLOQUES</b>						18
<b>COSTO DE BLOQUE</b>						\$18
					<b>COSTO DIRECTO</b>	\$ 1,54
					<b>COSTO INDIRECTO</b>	\$ 0,28
					<b>COSTO TOTAL DE BLOQUES</b>	\$ 1,82
					<b>BLOQUES EFECTUADOS</b>	18
					<b>COSTO POR BLOQUES</b>	\$ 0,10
					<b>GANANCIA</b>	\$0,05
					<b>PRECIO DE VENTA</b>	\$ 0,15

Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

**Tabla 31: Especificaciones técnicas y precios de bloques tradicionales.**

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. BLOQUE TRADICIONAL</b>	
tipo	Livianos
Modelo	PL-1ST-9
Normalización	INEM 638, 639, 643
Material	Hormigón Liviano
Color	Gris
Peso seco aproximado	7.40 Kg
Resistencia promedio	2 Mpa.
Largo	39 cm
Alto	19 cm
Ancho	9 cm



**Bloque Liviano PL-1st-6 (39x19x6.5)cm - Bloqcim**

Código Ref. 91002791

De: \$-0.41  
**\$ 0.38**

Precios incluyen IVA. No incluye costos de envío.

Agregar cantidad:

Retiro en local

Envío a domicilio Coordinado con seleccionado

Tiempo de entrega De 3 a 7 días hábiles

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. BLOQUE TRADICIONAL</b>	
Tipo	Livianos
Modelo	PL-1ST-6
Normalización	INEM 638, 639, 643
Material	Hormigón Liviano
Color	Gris
Peso seco aproximado	6.10 Kg.
Resistencia promedio	2 Mpa.
Largo	39 cm
Alto	19 cm
Ancho	9 cm



**Bloque Liviano PL-1st-9 (39x19x9)cm - Bloqcim**

Código Ref. 91002792

De: \$-0.50  
**\$ 0.40**

Precios incluyen IVA. No incluye costos de envío.

Agregar cantidad:

Retiro en local

Envío a domicilio Coordinado con seleccionado

Tiempo de entrega De 3 a 7 días hábiles

Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

**Tabla 32: Especificaciones técnicas bloques M + A + B4, A + B4.**

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. BLOQUE CON MATERIALES RECICLADOS.</b>	
tipo	Livianos
Modelo	A + B4
Normalización	INEM 3066,638, 639
Material	Cascarilla de arroz + Bagazo
Color	Gris
Peso seco aproximado	3,89 Kg.
Resistencia promedio	5,83 Mpa
Largo	39 cm
Alto	19 cm
Ancho	9 cm



<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. BLOQUE CON MATERIALES RECICLADOS.</b>	
Tipo	Livianos
Modelo	M + A + B4
Normalización	INEM 3066,638, 639
Material	Maní + Arroz + Bagazo
Color	Gris
Peso seco aproximado	5,64 Kg.
Resistencia promedio	5,83 Mpa
Largo	39 cm
Alto	19 cm
Ancho	9 cm



Elaborado por: Jácome, M. & Suintaxi, J. (2019)

Dentro del presupuesto, se puede comparar que un bloque tradicional de venta en el mercado ecuatoriano para la construcción de tipo PL (peso liviano) con las mismas dimensiones y un peso aproximado de 7,40kg tiene como resistencia 2Mpa oscilando entre \$0,38 hasta los \$0,40 ctvs. mientras que el prototipo A + B4 y M + A + B4, que consta con las mismas dimensiones, y un peso de 6,251kg con agregados diferentes a su mezcla que son: Cascarilla de Arroz, Cáscara de Maní y Bagazo de Caña de Azúcar arrojaron como resultado en las pruebas de resistencia un 5,83Mpa. Con un precio de venta a; \$0,15 ctvs. determinando que la mezcla de estos materiales para la fabricación de los mismos, no afecta ni disminuye la calidad de este producto ya sea por las propiedades que brindan estos residuos al bloque logrando así ser más favorables al desarrollo sustentable y económico.

#### **4.9 Diseños en Ambiente de Interior.**

El bloque con materiales reciclados puede visualizarse en fachadas exteriores e interiores cumpliendo un estilo Industrial y moderno con elementos decorativos en su composición. Se aplicó en el diseño de esta cafetería una variedad de estilos jugando así con las texturas que brinda a su vez el concreto y la utilización de metal, madera y vidrio.



*Figura 43. Bloque con material reciclado aplicado a fachada de cafetería  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)*



Figura 44. Bloque con material reciclado en interior de cafetería  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

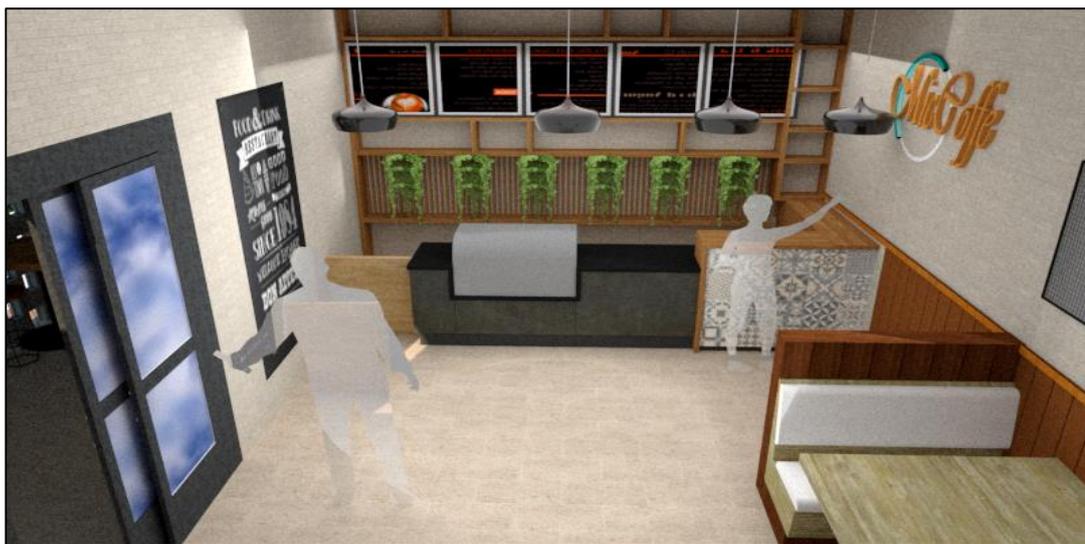


Figura 45. Bloque con material reciclado en interior de cafetería  
Elaborado por: Jácome, M. & Suntaxi, J. (2019)

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la investigación bibliográfica documental se logró conocer las propiedades de los residuos plásticos y agroindustriales que se utilizarán en la fabricación de los bloques, determinándose que antes de cualquier proceso de experimentación hay que realizar tratamientos o prelavados a este material de desecho, por cuanto se conoce que muchos de ellos poseen aún azúcares y otros compuestos químicos que no permiten que las mezclas fragüen adecuadamente.

2. De acuerdo al desarrollo de la investigación se logró realizar 16 prototipos de bloques con resultados variados, inicialmente se irá describiendo los efectos que causó la producción con materiales pulverizados como lo sucedido en los subproductos.

Con la mezcla de **cascarilla de arroz y Pet**, se logró bloques livianos con una mezcla no muy compacta.

La **Cáscara de maní y Pet**, obtuvieron poca resistencia de compresión.

El **Bagazo de caña de azúcar y Pet** logró mantener más resistencia a la compresión.

Al experimentar **Cáscara de maní y Bagazo de caña de azúcar**, se consiguió una mezcla no muy compacta y de difícil fraguado.

Los resultados de **la Cáscara de maní y Cascarilla de arroz**, presentaron cambios en su pigmentación, tornándose de color amarillo.

La combinación de **Cascarilla de arroz con Bagazo de Caña de azúcar**, demostró una característica porosa en su composición y una mezcla no muy compacta.

La **cáscara de maní, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y plástico PET**, permitió que el bloque sea de peso semi liviano y de pigmentación amarilla.

Se determinó que la **cáscara de maní, cascarilla de arroz y Bagazo de caña de azúcar**, por ser materiales pulverizados creaban baja consistencia en su calidad de bloque.

- La fabricación de bloques con materiales pulverizados suele ser más complicado, por lo que llegar a una mezcla compacta resulta ser más difícil. Pero esto no afecta el resultado final de los bloques, por ello se estima que puede surgir buenos efectos con los mismos, recomendando no descartar la idea de usarlos. Sino más bien

encontrar la posible causa que hizo que no tuvieran buenos resultados en las pruebas realizadas.

- Con base en las pruebas efectuadas, algunos bloques tuvieron presencia de moho. Es por ello que se deberá lavar con agua, detergente y cepillo, esto sucede por la descomposición del mismo residuo orgánico y una vez realizado el hidro lavado se lo deberá dejar nuevamente en el horno, para eliminar con esto, cualquier presencia de hongo.

Se inició con la primera dosificación de Subproductos tales como; **Cascarilla de Arroz y Pet**, resultando de esto mayor resistencia a la compresión.

La **Cáscara de maní y Pet**, causo que la cáscara se reflejara en la superficie del bloque.

El **Bagazo de caña de azúcar y PET**, también presento una buena resistencia a la compresión.

En la **Cáscara de maní y Bagazo de caña de azúcar**, se logró una mezcla más compacta.

Con la **Cáscara de maní y Cascarilla de arroz**, Se obtuvo bloques livianos, pero más resistentes que los anteriores. La pigmentación de la Cascarilla de Arroz disminuyó significativamente.

La **Cáscara de maní, Cascarilla de arroz y Bagazo de Caña de Azúcar**, son materiales que juntos resultan formar una mezcla más compacta, pero no favorables a las pruebas de compresión.

3. De acuerdo a las pruebas físicas y mecánicas se llegó a la conclusión que el prototipo con **Cascarilla de Arroz y Bagazo de Caña de Azúcar**, lograron ser mejores que los bloques tradicionales. Según resultados del cuadro comparativo en cuanto a peso y resistencia a la compresión y sobre todo en precio.

Se puede decir que el resultado de los bloques A + B4 Y M + A + B4, es gracias a la propiedad brindada del Bagazo, que por ser fibra cumple con un proceso de moldeo por compresión. disminuyendo la degradación inducida de la misma durante la fuerza que recibe, manteniendo los escombros en el mismo cuerpo del espécimen. Lo mismo sucede con la Cascarilla de arroz y la Cáscara de Maní que al ser receptor de una fuerza. Esta tiende a recibirla y a amortiguar su golpe, casi formando un cuerpo elástico

ya que al retirar el peso que lo contrae su aspecto es casi el mismo. De manera que estos materiales unidos son una gran ventaja para la calidad del bloque.

4. El mercado objetivo en esta investigación son los distribuidores de materiales de construcción y público en general ya que los resultados conseguidos en los bloques hacen que sean accesibles incluso al sector económico logrando así el desarrollo eco sustentable y financiero.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda conocer oportunamente las características de los residuos agroindustriales que se emplearán en la fabricación de elementos de construcción, porque de ellas dependerá la calidad del producto final obtenido, así como la garantía y seguridad que este otorgue en las construcciones a los que se destine.
- Se sugiere que luego de las pruebas de laboratorio en cuanto a resistencia, absorción y humedad se clasifique los bloques con mejores resultados por lo que se denominarán como los más aptos del mercado por cumplir todas las normas de construcción y calidad del país.
- De tenerse todas las garantías sobre estos nuevos bloques de construcción obtenidos a partir de residuos agroindustriales, es necesario que se lleve a cabo toda la gestión publicitaria necesaria para introducirlos en el mercado local, destacando para ello las características de este producto.
- Es recomendable profundizar más con el estudio de los residuos agroindustriales por lo que si bien se puede decir son materiales renovables pudiendo encontrar beneficios que aporten para la construcción evitando la descomposición de los mismos para que no logren afectar el estudio de un nuevo material a investigar.
- Se recomienda la idea de generar acopios de materiales pulverizados ya que no se obtiene con facilidad por lo que son escasas las piladoras que realizan este proceso, haciendo difícil tener con frecuencia los residuos en ese estado. Es por ello si existiese la necesidad de obtenerlo en grandes cantidades como una producción de nuevos mercados. Se lograría el uso continuo de los mismos, generando más producción y menos contaminación al medio.
- Se consideraría que en un futuro no muy lejano se empiecen a considerar otro tipo de residuos, donde a través de los estudios que se realicen, se determinen cuales presentan las características idóneas para crear bloques u otro tipo de recurso o producto para destinarlo ya sea al área de la construcción u otras, contribuyendo más que nada a generar modelos de reciclaje y reciclaje de productos de origen orgánico como no orgánicos.

- Se recomienda que el Bagazo de Caña de Azúcar se hidrate con anterioridad para lograr así, que no sea difícil en adherirse a los demás materiales y no causarles solidificación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliografía

- Abreu, H., González, M., Rico, O., Morales, M., & Espinoza, R. (2016). Evaluación de esquemas de cogeneración de energía a partir de bagazo de caña de azúcar. *Revista Scielo*, 87-98. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612016000100010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000100010)
- Anderson, F. (2016). *Lo bello es simple y práctico*. Obtenido de Proyecto: EcoBlock: <http://ibarfedericoanderson.wixsite.com/ecoblock/proyecto-producto>
- Astudillo, P. (2015). Plan de Negocios Para la Fabricación de Hormigón Orgánico Utilizando Cascarrilla de Arroz, Para su Aplicación en la Construcción de Casas en la Ciudad de Guayaquil. *Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de Ingeniera Comercial*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1471/1/T-UCSG-PRE-ECO-ADM-21.pdf>
- Boanerges de la Pared, D. (2016). Diseño de Mezclas de Concreto con Ceniza de Cascarrilla de Arroz Para Emplearlo en Proyectos de Vivienda de Bajo Costo. *Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Civil*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1191>
- Borunda, R., Cepeda, J., Salas, F., & Medrano, V. (2015). *Desarrollo y Competitividad de los Sectores Económicos en México*. México, D.F.: Centro de Investigaciones Sociales.
- CGSIN & MAGAP. (2015). *BOLETÍN SITUACIONAL ARROZ*.
- Congreso Nacional. (10 de septiembre de 2016). Ley de Gestión Ambiental. *Registro Oficial*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- Cruz, L., & Cruz, V. (17 de Abril de 2017). *Repositorio Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Escuela Politécnica Nacional: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCEQFjABahUKEwjvwOy4IJPiAhWFF5AKHUAyBFA&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F388%2F1%2FCD-0795.pdf&usg=AFQjCNHr5JIvEUFu2GkrhscjbJ-tStFQQA&sig2=a>
- Dodsworth, S. (2015). *Los Principios del Diseño de Interiores*. Switzerland: AVA Publishing S.A.
- Doumet, F., & Durán, E. (2018). Análisis de las propiedades de bloques construidos a base de cemento y plástico (PET) para determinar su uso y aplicación en elementos arquitectónicos. *Análisis de Caso previo a la obtención del título de Arquitectos*. Portoviejo, Manabí. Obtenido de

- <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/509/1/ARQ-C2018-05.pdf>
- EcoBlock Colonia. (2018). Página de Facebook de EcoBlock Colonia. Colonia, Uruguay. Obtenido de <https://www.facebook.com/ecoblockColonia/>
- EcoLadrillos. (2018). *México Ecoladrillos*. Obtenido de <https://www.ecoladrillos.com.mx/>
- Ecoticias. (14 de febrero de 2014). Bagazo de caña, posible componente del concreto hidráulico. Obtenido de <https://www.ecoticias.com/eco-america/88692/noticia-medio-ambiente-Bagazo-cana-posible-componente-concreto-hidraulico>
- El Productor. (17 de enero de 2017). Ecuador: UNA EP adquiere 5.254 toneladas de arroz en cáscara y continuará con las compras. *El Productor*. Obtenido de <http://elproductor.com/noticias/ecuador-una-ep-adquiere-5-254-toneladas-de-arroz-en-cascara-y-continuara-con-las-compras/>
- Gatani, M., & Argüello, R. (junio de 2015). Materiales Compuestos de Cáscara de Maní y Cemento. Influencia de Diferentes Tratamientos Químicos sobre las Propiedades Mecánicas. Córdoba, Argentina. Recuperado el 25 de septiembre de 2018, de ufpr.br: [https://www.researchgate.net/publication/269495185\\_Materiales\\_compuestos\\_de\\_cascaras\\_de\\_mani\\_y\\_cemento\\_Influencia\\_de\\_diferentes\\_tratamientos\\_quimicos\\_sobre\\_las\\_propiedades\\_mecanicas](https://www.researchgate.net/publication/269495185_Materiales_compuestos_de_cascaras_de_mani_y_cemento_Influencia_de_diferentes_tratamientos_quimicos_sobre_las_propiedades_mecanicas)
- Guilherme, A., Dantas, P., Santos, P., Fernandes, F., & Macedo, G. (01 de Enero-marzo de 2015). Evaluation of composition, characterization and enzymatic hydrolysis of pretreated sugar cane bagasse. *Brazilian Journal of Chemical Engineering (vol32)*, págs. 23-33.
- Hernández Sampieri, D., Fernández Collado, D., & Baptista Lucio, D. d. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta edición* (Sexta ed.). México D.F: Marcela I. Rocha Martínez. Obtenido de [https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- Hernández, R. (2015). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernández, R. (2015). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernández, R. (2015). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernández, R. (2016). Capítulo 6: Encuestas. En R. Hernández Sampieri, *Complemento En Línea del libro Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/28000371/capitulo6-COMPLEMENTO-Hdez-Sampieri>
- INEN. (2018). *NTE INEN 152*. Quito: INEN. Obtenido de [http://s9eef1914bb0d0924.jimcontent.com/download/version/1289851763/module/4695670866/name/inen\\_152.pdf](http://s9eef1914bb0d0924.jimcontent.com/download/version/1289851763/module/4695670866/name/inen_152.pdf)

- INEN. (2018). *NTE INEN 151*. Quito: INEN. Obtenido de [http://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_151-3.pdf](http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_151-3.pdf)
- INEN. (2018). *NTE INEN 3066*. Quito: INEN. Obtenido de [http://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_3066.pdf](http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_3066.pdf)
- INEN. (2018). *NTE INEN 490*. Quito: INEN. Obtenido de [http://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_490-5.pdf](http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_490-5.pdf)
- INEN. (2018). *NTE INEN 872*. Quito: INEN. Obtenido de [http://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_872-1.pdf](http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_872-1.pdf)
- Ingenio San Carlos. (3 de noviembre de 2018). *Puntos Verdes/ Cogeneración de energía eléctrica*. Obtenido de San Carlos: <http://www.sancarlos.com.ec/portal/es/web/ingeniosancarlos/punto-verde-cogeneracion>
- INIAP. (2016). *INIAP 382-Caramelo: Variedad de maní tipo Runner para zonas semisecas de Ecuador*. Guayaquil: INIAP. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2008/1/iniaplsbd380.pdf>
- INIAP. (2016). *Maní, Guía del cultivo para las zonas de Loja y El Oro*. Guayaquil: INIAP. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1994/1/iniaplsbd314.pdf>
- INIAP. (2017). *INIAP 383-Pintado: Nueva variedad de maní de alta productividad para zonas semisecas del Ecuador*. Guayaquil: INIAP. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2010/1/iniaplsbd437.pdf>
- INIAP. (2019). *INIAP 380: Nueva variedad de maní de alto potencial de rendimiento y buen tamaño de grano*. Guayaquil: INIAP. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1980/1/iniaplsbd257.pdf>
- Isaacs, N. (2016). Building History. *Build BRANZ*, 86-87. Obtenido de <http://www.buildmagazine.org.nz/assets/PDF/Build127-86-Building-History-OnTheBlock.pdf>
- MAGAP. (31 de octubre de 2018). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Mattey, P. (2015). APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ OBTENIDA DE UN PROCESO AGRO-INDUSTRIAL PARA LA FABRICACION DE BLOQUES EN CONCRETO NO ESTRUCTURALES. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 285-294. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/277329678\\_APLICACION\\_DE\\_CENIZA\\_DE\\_CASCARILLA\\_DE\\_ARROZ\\_OBTENIDA\\_DE\\_UN\\_PROCESO\\_AGRO-INDUSTRIAL\\_PARA\\_LA\\_FABRICACION\\_DE\\_BLOQUES\\_EN\\_CONCRETO\\_NO\\_ESTRUCTURALES](https://www.researchgate.net/publication/277329678_APLICACION_DE_CENIZA_DE_CASCARILLA_DE_ARROZ_OBTENIDA_DE_UN_PROCESO_AGRO-INDUSTRIAL_PARA_LA_FABRICACION_DE_BLOQUES_EN_CONCRETO_NO_ESTRUCTURALES)
- Méndez, J. (2018). Efecto de diferentes combinaciones de sustratos (arena, suelo y/o bagazo de caña de azúcar) sobre la germinación de semillas y altura de plantas de guayaba (*Psidium guajava* L.). *UDO Agrícola*, 121-125. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/47372017\\_Efecto\\_de\\_diferentes\\_co](https://www.researchgate.net/publication/47372017_Efecto_de_diferentes_co)

mbinaciones\_de\_sustratos\_arena\_suelo\_yo\_bagazo\_de\_cana\_de\_azucar\_sobre\_la\_germinacion\_de\_semillas\_y\_altura\_de\_plantas\_de\_guayaba\_Psidium\_guajava\_L

- National Masonry. (2016). Design Guide. Obtenido de [https://www.nationalmasonry.com.au/wp-content/uploads/National\\_Masonry\\_Design\\_Guide\\_Book\\_2\\_SQLD.pdf](https://www.nationalmasonry.com.au/wp-content/uploads/National_Masonry_Design_Guide_Book_2_SQLD.pdf)
- Objetivos de Desarrollo Sostenible*. (25 de Septiembre de 2015). Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- OCDE. (2014). *Colombia: La implementación del buen gobierno*. Paris: OECD Publishing.
- OCW-USAL. (8 de febrero de 2016). Programa de la materia: Materiales ii. *Materia de Clase: Plásticos*. Salamanca, España. Obtenido de <http://ocw.usal.es/enseanzas-tecnicas/materiales-ii/programa>.
- Peralta, N. (24 de Septiembre de 2016). *Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar: <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2695/1/T0878-MT-Peralta-Industria%20maderera.pdf>
- PINZUAR. (16 de enero de 2019). *Máquina para compresión*. Obtenido de PINZUAR: <https://www.pinzuar.com.co/pinzuar/es/productos/suelos/maquina-compresion-inconfinada-digital/>
- Piñeros, M., & Herrera, R. (2018). Proyecto de Factibilidad Económica para la Fabricación de Bloques con Agregados de Plástico Reciclado, Aplicados en la Construcción de Vivienda. *Proyecto de Trabajo de Grado*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22382/1/TESIS%20BLOQUE%20PET.pdf>
- POON, C.-s. (2016). *Eco-Block -Environmentally friendly paving block that can keep the air clean*. Hong Kong: PolyU.
- Pozo, C. (2016). Aprovechamiento de Bagazo de Caña de Azúcar en la Elaboración de Bloques Ecológicos de Mampostería Liviana. Riobamba, Ecuador.
- ProMateriales. (2017). Cemento La base de la construcción. *ProMateriales*, 57-64. Obtenido de <https://promateriales.com/pdf/pm0607.pdf>
- Pullaguari, Á. (Enero de 2016). Diseño de Bloques en base a Polietileno de Tereftalato. *Proyecto Previo a la Obtención del Título de Tecnóloga en Administración de Proyectos de CONstrucción*. Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1842/1/CD-2787.pdf>
- Quimbiulco, C. (3 de Marzo de 2018). *Dspace Universidad Central del Ecuador*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de Dspace Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/903/1/T-UCE-0003-51.pdf>
- Renarec. (2018). *ReciclaJe del plástico en Ecuador*. Guayaquil: Renarec.

- Rodas, C., & Ordóñez, J. (2016). Desarrollo Tecnológico, Investigativo y experimental de Ecobloques de Hormigón en Base a Vidrio Polietileno de Teleftalato (PET) Reciclado, como Alternativa Sustentable al Bloque Tradicional. Cuenca. Obtenido de <https://docplayer.es/78008032-Universidad-del-azuay-facultad-de-ciencia-y-tecnologia.html>
- Rootman en Imagen de Chile. (27 de junio de 2018). *Rootman en Imagen de Chile (Marca Chile)*. Obtenido de Chilenos crean innovador material de construccion sustentable: <http://www.rootman.com/node/20>
- SCA. (17 de octubre de 2018). Propiedades Terapéuticas del Maní. Colombia. Obtenido de <https://apiterapia.com.co/propiedades-mani/>
- Soto, E., Valenzuela, P., & Vergara, H. (2003). *Evaluación del impacto de la capacitación en la productividad*. Santiago de Chile : FUNDES.
- Stansbury, M. (9 de junio de 2016). Harmon S. Palmer, concrete block machine inventor. Obtenido de <http://trowelcollector.blogspot.com/2016/06/harmon-s-palmer-concrete-block-machine.html>
- Tello, F., Ortiz, D., & Serván, R. (2016). ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PARA OBTENER BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS-CÁSCARA DE ARROZ-(ORIZA SATIVA) EN LA REGIÓN DE LORETO (tesis). Iquitos, Perú.
- Troncoso, F., Tamayo, A., Camacho, N., & Baena, M. (2018). Obtenido de [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5038/1/Memorias%20I\\_encuentro\\_semilleros\\_CPyA\\_2018.pdf#page=75](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5038/1/Memorias%20I_encuentro_semilleros_CPyA_2018.pdf#page=75)
- Valle, A. (1991). *Productividad: Las visiones neoclásica y marxista*. México, D.F. : UNAM.
- Valverde, A. (2017). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ. *Scientia et Technica Año XIII*, 255-260.
- Wansbrough, H. (2017). *The Manufacture of Portland Cement*. Obtenido de NZ Institute of Chemistry: <https://nzic.org.nz/app/uploads/2017/10/9B.pdf>
- Wong, w. (2015). *Fundamentos del diseño*. Gustavo Gili.
- Wong, W. (2015). *Fundamentos del Diseño Bi- y Tri-dimensional*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.
- Zambrano, A. (2016). Estudio de las Características Físico-Mecánicas de Bloques de Hormigón con fibra de Cabuya. *Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Civil*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6935/1/T-UCE-0011-228.pdf>
- Zambrano, R. (7 de octubre de 2018). ¿Cómo se recicla una botella de plástico en Ecuador? *EL UNIVERSO*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/10/07/nota/6986588/como-se-recicla-botella-plastico-pet-ecuador>

# ANEXOS

## Anexo 1. Normas INEN

CDU: 691.328  
ICS: 91.100.30



CIU: 3699  
CO 02.08-201

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. MUESTREO Y ENSAYOS.	NTE INEN 639:2012 Segunda revisión 2012-05
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los procedimientos de muestreo y de ensayo que deben ser utilizados para evaluar las características de los bloques huecos de hormigón.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica para evaluar los bloques huecos de hormigón hidráulico que se emplean en la construcción de muros portantes, tabiques divisorios no portantes y en losas alivianadas de hormigón armado. Se excluyen los paneles o bloques de hormigón espumoso, fabricados con materiales especiales destinados a obtener una densidad muy reducida (ver nota 1).</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de las normas ASTM C 1 232 y ASTM E 6.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>4.1 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. MÉTODO DE ENSAYO</b></p> <p>5.1 <b>Resumen.</b> En esta norma se proporcionan los requisitos generales para: muestreo, medición de dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, densidad y contenido de humedad de bloques huecos de hormigón.</p> <p>5.2 <b>Muestreo</b></p> <p>5.2.1 <i>Selección de especímenes:</i></p> <p>5.2.1.1 Para propósitos de los ensayos, el comprador o su representante autorizado debe seleccionar especímenes enteros. Los especímenes seleccionados deben tener forma y dimensiones similares y ser representativos de todo el lote de bloques de hormigón del cual han sido seleccionados.</p> <p>5.2.1.2 El término "lote" se refiere a un número de bloques de hormigón de cualquier forma o dimensión, fabricados por el productor utilizando los mismos materiales, diseño de mezcla de hormigón, proceso de fabricación y método de curado.</p> <p>NOTA 1. Se recomienda que el laboratorio que utiliza este método de ensayo, sea evaluado de acuerdo con la NTE INEN-ISO/IEC 17 025.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, hormigón y productos de hormigón, bloques huecos de hormigón, muestreo, ensayos.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

**5.2.2 Número de especímenes:**

**5.2.2.1** El conjunto de especímenes debe estar compuesto por seis unidades enteras.

**5.2.2.2** Para los ensayos de: resistencia a compresión, absorción, densidad y contenido de humedad, se debe seleccionar un conjunto de especímenes de cada lote de 10 000 unidades o fracción y para lotes de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades dos conjuntos de especímenes. Para lotes mayores a 100 000 unidades, se debe seleccionar un conjunto de especímenes por cada 50 000 unidades o fracción de éstas contenidas en el lote. Si el comprador lo solicita se pueden tomar especímenes adicionales.

**5.2.3** Eliminar el material suelto de los especímenes (incluyendo las celdas) antes de determinar la masa tal como se recibe (ver nota 2).

**5.2.4 Identificación.** Rotular cada espécimen de manera que se puedan identificar en cualquier momento. El rotulado no debe cubrir más del 5% de la superficie del espécimen.

**5.2.5 Masa tal como se recibe.** Determinar la masa de cada espécimen inmediatamente después del muestreo y de la identificación y registrarla como  $M_r$  (masa tal como se recibe). Registrar la hora y lugar en que se determinó  $M_r$  (ver nota 3).

**5.3 Medición de las dimensiones****5.3.1 Equipos:**

**5.3.1.1 Aparatos de medición:** Los dispositivos utilizados para medir las dimensiones del espécimen deben tener divisiones no mayores a 1 mm, cuando la dimensión a ser informada tiene una aproximación a 1 mm, y no mayores a 0,1 mm, cuando la dimensión a ser informada tiene una aproximación a 0,1 mm.

**5.3.1.2** Los aparatos de medición deben ser legibles y con una exactitud de las divisiones requerida para el informe. La precisión debe ser verificada al menos una vez al año. El registro de verificación debe incluir la fecha de la verificación, la persona o entidad que la realizó, identificación de la norma de referencia utilizada, los puntos de ensayo utilizados durante la verificación y las lecturas en los puntos de ensayo.

**5.3.2 Especímenes.** Para la medición de las dimensiones, se deben seleccionar tres unidades enteras.

**5.3.3 Mediciones.** Medir los especímenes de acuerdo con lo indicado en el Anexo A. Documentar la ubicación de cada medición con un dibujo o fotografía del espécimen (ver notas 4 y 5).

NOTA 2. Normalmente se utiliza una piedra abrasiva o un cepillo de alambre para eliminar el material suelto.

NOTA 3. Las masas tal como se reciben frecuentemente tienen relación directa con otras propiedades de los bloques de hormigón y son, por lo tanto, un método útil para evaluar resultados o para efectos de clasificación. La masa de un espécimen cambia con el tiempo y con las condiciones de exposición, principalmente a causa de la humedad interna del mismo. Por lo tanto, para entender el contexto del valor de la masa tal como se recibe, también es importante entender el momento y las condiciones donde se determinó la masa. Los términos "hora y lugar" no se refieren a cuándo y dónde fueron muestreados los especímenes sino a cuándo y dónde fueron determinadas las masas tal como se recibe. Además de las referencias de fecha y hora, es importante conocer si esas masas se determinaron después de que los especímenes alcanzaron el equilibrio con las condiciones ambientales del laboratorio o antes de que los bloques sean enviados o luego de entregarlos en la obra y así sucesivamente.

NOTA 4. Los especímenes utilizados para la medición de las dimensiones, pueden ser utilizados en otros ensayos.

NOTA 5. Se debe demostrar que los calibradores, micrómetros y balanzas de acero, y sus divisiones con la exactitud y legibilidad adecuada, son apropiados para estas mediciones.

(Continúa)

## 5.4 Resistencia a compresión

### 5.4.1 Equipos de ensayo:

**5.4.1.1** La máquina de ensayo debe tener una exactitud de  $\pm 1,0\%$  del rango de carga esperado. La placa superior de transferencia de carga, de metal endurecido, debe estar apoyada sobre una esfera y debe estar firmemente unida al cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera debe coincidir con el centro de la superficie que se apoya sobre su asiento esférico, pero debe tener libertad de girar en cualquier dirección y su perímetro debe tener una holgura de al menos 6,3 mm desde el cabezal de la máquina con el fin de poder acomodar los especímenes cuyas superficies de apoyo no sean paralelas. El diámetro de la placa superior (determinado de acuerdo con el Anexo B) debe ser de al menos 150 mm. Se puede utilizar una placa adicional de metal endurecido bajo el espécimen, para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina.

**5.4.1.2** Cuando el área de carga de las placas superior e inferior no es suficiente para cubrir el área del espécimen, se debe colocar entre la placa de carga y el espécimen refrentado, una única placa adicional de acero con un espesor de al menos la distancia del borde de la placa a la esquina más distante del espécimen. La longitud y el ancho de la placa adicional de acero debe ser al menos 6 mm mayor que la longitud y el ancho de los especímenes.

**5.4.1.3** Las superficies de la placa de carga o de la placa adicional, que va a estar en contacto con el espécimen deben tener una dureza no menor a HRC 60 (BHN 620) y no presentar desviaciones del plano en más de 0,03 mm en cualquier dimensión de 150 mm (ver notas 6 y 7).

**5.4.1.4** La máquina de ensayo debe ser verificada de acuerdo con la norma ASTM E 4, con la frecuencia definida en la norma ASTM C 1 093.

### 5.4.2 Especímenes de ensayo:

**5.4.2.1** Se ensayarán a compresión tres especímenes.

**5.4.2.2** Cuando sea posible y a menos que se especifique de otra manera en el Anexo A, los especímenes deben ser unidades enteras. Cuando los especímenes no puedan ser ensayados enteros, debido a su forma o a los requisitos de la máquina de ensayo, se puede reducir el tamaño del espécimen de acuerdo con el Anexo A.

**5.4.2.3** Después de la entrega al laboratorio, almacenar los especímenes para ensayos a compresión uno a continuación de otro y al aire (sin apilarlos y separados entre sí por al menos 13 mm por todos sus lados), a una temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$  y a una humedad relativa inferior al 80% por al menos 48 h. Sin embargo, si se necesitan resultados de compresión más rápidamente, almacenar los especímenes, sin apilarlos y en las mismas condiciones descritas anteriormente, con una corriente de aire proveniente de un ventilador eléctrico que pase por ellos, por un período de al menos 4 h. Continuar pasando el aire sobre los especímenes hasta que dos determinaciones sucesivas de masa, a intervalos de 2 horas, demuestren que la masa del espécimen no disminuye en más del 0,2% respecto a la masa del espécimen previamente determinada y hasta que no haya humedad visible en cualquier superficie de la unidad. No se debe utilizar el horno para secar los especímenes (ver nota 8).

NOTA 6. La investigación ha demostrado que el espesor de las placas adicionales de carga tiene un efecto significativo en el ensayo de resistencia a compresión de bloques de hormigón, cuando el área de carga de las placas no es suficiente para cubrir el área del espécimen. La deformación de la placa adicional implica distribuciones no uniformes de esfuerzos que pueden influir en los mecanismos de falla de los especímenes ensayados. La magnitud de este efecto es controlada por la rigidez de la placa adicional, el tamaño y la resistencia del espécimen ensayado. Los resultados de resistencias a compresión generalmente se incrementan con el aumento del espesor de la placa adicional y con la reducción de la distancia a la esquina más alejada del espécimen. Algunos laboratorios de ensayo tienen limitaciones que restringen la viabilidad de eliminar completamente la deformación de la placa adicional, por lo tanto, los requisitos para el espesor de la placa adicional indicados en el numeral 5.4.1 están destinados a proporcionar un adecuado nivel de exactitud en los resultados del ensayo a compresión para conformar los límites de viabilidad del laboratorio de ensayo.

NOTA 7. El Anexo B incluye una guía para determinar el espesor requerido de la placa adicional, basándose en la configuración del espécimen y la máquina de ensayo.

NOTA 8. En esta norma, el área neta (a diferencia de ciertas unidades sólidas, ver el numeral 5.6.4) se determina a partir de especímenes diferentes de los sometidos al ensayo de compresión. El ensayo de resistencia a compresión se basa en la suposición de que las unidades utilizadas para determinar el volumen neto (especímenes para determinar la absorción) tienen el mismo volumen neto que las unidades utilizadas para el ensayo a compresión. Cuando se muestrean especímenes con las caras separadas en su fabricación, las cuales tienen superficies irregulares, deben ser separados al momento que son muestreados del lote, y cortados de manera que los especímenes para el ensayo de absorción tengan un volumen neto que sea representativo visualmente y una masa que sea representativa de los especímenes para el ensayo a compresión.

(Continúa)

**5.4.2.4** Cuando esta norma o el Anexo A permiten o requieren el corte con sierra de los especímenes, el aserrado debe realizarse de una manera exacta y competente, sometiendo al espécimen a la menor vibración de aserrado posible. Utilizar una hoja de sierra de diamante con dureza adecuada. Si el espécimen está húmedo durante el aserrado, dejar que el espécimen se seque hasta que se equilibre con las condiciones ambientales del laboratorio antes del ensayo, utilizando los procedimientos descritos en el numeral 5.4.2.3.

**5.4.2.5** Si los especímenes para ensayo a compresión han sido aserrados de las unidades enteras y no se puede determinar su área neta mediante el procedimiento descrito en el numeral 5.6.4.1, aserrar tres unidades adicionales con las dimensiones y la forma de los tres especímenes para el ensayo de compresión. Se debe considerar el área neta promedio de los especímenes aserrados para compresión, como el área neta promedio de las tres unidades aserradas adicionales, calculada de acuerdo a lo indicado en el numeral 5.6.4. El cálculo del volumen neto de los especímenes aserrados no debe ser utilizado en el cálculo de espesor equivalente.

**5.4.3** *Refrentado.* Refrentar los especímenes para ensayo de acuerdo con la NTE INEN 2619.

**5.4.4** *Procedimiento para el ensayo a compresión:*

**5.4.4.1** *Posición de los especímenes.* Ensayar los especímenes con los centroides de sus superficies de soporte, alineados verticalmente con el centro de aplicación de carga del bloque de acero con soporte esférico asentado en la máquina de ensayo (ver nota 9). Todos los especímenes deben ser ensayados con sus celdas en posición vertical, excepto las unidades especiales destinadas para ser usadas con sus celdas en dirección horizontal. Las unidades de mampostería que son 100% sólidas y las unidades huecas especiales para uso con sus celdas en dirección horizontal, deben ser ensayadas en la misma posición que van a tener durante el servicio. Antes de ensayar cada espécimen, asegurarse que el bloque superior de carga se mueva libremente dentro de su asiento esférico para lograr un asiento uniforme durante el ensayo.

**5.4.4.2** *Condición de humedad de los especímenes.* Al momento de su ensayo, estos deben estar libres de humedad visible.

**5.4.4.3** *Velocidad de ensayo.* Aplicar la carga (hasta la mitad de la carga máxima esperada), a cualquier velocidad conveniente, luego se deben ajustar los controles de la máquina, según sea necesario, para proporcionar una velocidad uniforme de desplazamiento del cabezal móvil, de tal manera que la carga restante se aplica en un periodo de tiempo entre 1 min y 2 min.

**5.4.4.4** *Carga máxima.* Registrar la carga máxima de compresión, en newtons, como  $P_{max}$ .

## 5.5 Absorción

**5.5.1** *Equipo.* Una balanza con una exactitud dentro del 0,5% de la masa del espécimen más pequeño ensayado.

**5.5.2** *Especímenes para ensayo:*

**5.5.2.1** El ensayo de absorción se realizará en tres especímenes.

**5.5.2.2** A menos que se especifique de otra manera en el Anexo A, se deben realizar los ensayos en especímenes enteros o en especímenes cortados de unidades enteras. Los valores calculados de absorción y densidad de especímenes de tamaño reducido deben ser considerados como representativos del espécimen entero.

NOTA 9. En las unidades que son simétricas con respecto a un eje, se puede determinar la localización de dicho eje geométricamente, dividiendo la dimensión perpendicular a ese eje (pero en el mismo plano) para dos. En las unidades que no son simétricas con respecto a un eje, se puede determinar la localización de dicho eje balanceando la unidad sobre una varilla de metal colocada paralelamente a dicho eje, esta debe ser recta, cilíndrica (capaz de rodar libremente sobre una superficie plana), tener un diámetro de al menos 6,4 mm pero no mayor a 19,1 mm y su longitud debe ser suficiente para que sobresalga de cada extremo del espécimen cuando esté colocado sobre ella. La varilla metálica debe ser colocada sobre una superficie lisa, plana y nivelada. Una vez determinado el eje del centroide, se lo debe marcar en el borde del espécimen, utilizando un lápiz o un marcador que tenga un ancho de marcación no mayor a 1,3 mm. Frecuentemente se emplea como varilla para el balanceo, a la varilla de compactación utilizada para compactar el hormigón y el grout en el ensayo de asentamiento de acuerdo con la NTE INEN 1 578.

(Continúa)

**5.5.3 Procedimiento:**

**5.5.3.1 Saturación.** Sumergir en agua los especímenes para ensayo, a una temperatura entre 16 °C y 27 °C durante un lapso de 24 h a 28 h. Determinar la masa de los especímenes mientras están suspendidos por un alambre de metal y totalmente sumergidos en el agua y registrar este valor como  $M_i$  (masa del espécimen sumergido). Retirarlos del agua y dejar que se escurran durante  $60 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$ , colocándolos sobre una malla de alambre de al menos 9,5 mm de diámetro, retirar el agua visible de la superficie con un paño húmedo, determinar su masa y registrar este valor como  $M_s$  (masa del espécimen saturado).

**5.5.3.2 Secado.** Luego de la saturación, secar todos los especímenes en un horno ventilado entre 100 °C y 115 °C durante al menos 24 horas, hasta que dos determinaciones sucesivas de masa, a intervalos de 2 horas, demuestren que la masa del espécimen no disminuye en más del 0,2% respecto de la última determinación. Registrar la masa de los especímenes secos como  $M_d$  (masa del espécimen seco al horno).

**5.6 Cálculos**

**5.6.1 Absorción.** Calcular la absorción de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_s - M_i}{M_s - M_i} \times 1000 \quad (1)$$

$$\text{Absorción, (\%)} = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100$$

Donde:

$M_s$  = masa del espécimen saturado, (kg)  
 $M_i$  = masa del espécimen sumergido, (kg)  
 $M_d$  = masa del espécimen seco al horno, (kg)

**5.6.2 Contenido de humedad.** Calcular el contenido de humedad del espécimen al momento en que se realiza el muestreo (cuando se mide  $M_r$ ) de la siguiente manera (ver nota 10):

$$\text{Contenido de humedad, (\% del total de absorción)} = \frac{M_r - M_d}{M_s - M_d} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

$M_r$  = masa del espécimen tal como se recibe, (kg)  
 $M_d$  = masa del espécimen seco al horno, (kg)  
 $M_s$  = masa del espécimen saturado, (kg)

**5.6.3 Densidad.** Calcular la densidad del espécimen seco al horno de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (D), (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_d}{M_s - M_i} \times 1000 \quad (3)$$

Donde:

$M_d$  = masa del espécimen seco al horno, (kg)  
 $M_s$  = masa del espécimen saturado, (kg)  
 $M_i$  = masa del espécimen sumergido, (kg)

NOTA 10. Cuando se determina el contenido de humedad de un espécimen o un conjunto de especímenes, el valor determinado es una medida del contenido de agua del espécimen, basándose en la masa tal como se recibe del espécimen  $M_r$ , por lo tanto, el cálculo anterior de contenido de humedad solo es aplicable al contenido de humedad del espécimen al momento en que se determina la masa tal como se recibe  $M_r$ .

(Continúa)

**5.6.4 Área neta promedio.** Calcular el área neta promedio de la siguiente manera:

$$\text{Volumen neto } (V_n), (\text{mm}^3) = \frac{M_d}{D} = (M_s - M_l) \times 10^6 \quad (4)$$

$$\text{Área neta promedio } (A_n), (\text{mm}^2) = \frac{V_n}{H}$$

Donde:

$V_n$  = volumen neto del espécimen, ( $\text{mm}^3$ )  
 $M_d$  = masa del espécimen seco al homo, (kg)  
 $D$  = densidad del espécimen seco al homo, ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $M_s$  = masa del espécimen saturado, (kg)  
 $M_l$  = masa del espécimen sumergido, (kg)  
 $A_n$  = área neta promedio del espécimen, ( $\text{mm}^2$ ), y  
 $H$  = altura promedio del espécimen, (mm).

**5.6.4.1** Calcular el área neta de los especímenes enteros o de las fracciones, cuya área neta transversal en cada plano paralelo a la superficie de soporte es el área bruta de la sección transversal medida en el mismo plano, a excepción de los especímenes con forma irregular tales como aquellos con superficies separadas en su fabricación, de la siguiente manera:

$$\text{Área neta } (A_n), (\text{mm}^2) = L \times W \quad (5)$$

Donde:

$A_n$  = área neta de la fracción o del espécimen entero, ( $\text{mm}^2$ )  
 $L$  = longitud promedio de la fracción o del espécimen entero, (mm), y  
 $W$  = ancho promedio de la fracción o del espécimen entero, (mm)

**5.6.5 Área bruta.** Calcular el área bruta de la siguiente manera:

$$\text{Área bruta } (A_g), (\text{mm}^2) = L \times W \quad (6)$$

Donde:

$A_g$  = área bruta del espécimen entero, ( $\text{mm}^2$ )  
 $L$  = longitud promedio del espécimen entero, (mm), y  
 $W$  = ancho promedio del espécimen entero, (mm)

**5.6.5.1** El área bruta de la sección transversal de un espécimen es el área total de la sección perpendicular a la dirección de la carga, incluidas las áreas dentro de las celdas y los espacios entre las salientes, a menos que estos espacios vayan a ser ocupados por porciones de mampostería adyacente.

**5.6.6 Resistencia a compresión:**

**5.6.6.1 Resistencia a compresión del área neta.** Calcular la resistencia a compresión del área neta del espécimen, de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia a compresión del área neta, (MPa)} = \frac{P_{\max}}{A_n} \quad (7)$$

Donde:

$P_{\max}$  = carga máxima de compresión, (N), y  
 $A_n$  = área neta del espécimen, ( $\text{mm}^2$ )

**5.6.6.2 Resistencia a compresión del área bruta.** Calcular la resistencia a compresión del área bruta de del espécimen, de la siguiente manera:

(Continúa)

$$\text{Resistencia a compresión del área bruta, (MPa)} = \frac{P_{\max}}{A_g} \quad (8)$$

Donde:

$$P_{\max} = \text{carga máxima de compresión, (N), y}$$

$$A_g = \text{área bruta del espécimen, (mm}^2\text{)}$$

### 5.7 Informe de resultados

**5.7.1** En el informe de resultados de ensayo, todos los valores observados o calculados deben ser redondeados mediante el siguiente procedimiento:

**5.7.1.1** Cuando el dígito inmediatamente posterior a la última posición que va a ser considerada es menor que 5, mantener sin cambios el dígito de la última posición considerada.

**5.7.1.2** Cuando el dígito inmediatamente posterior a la última posición que va a ser considerada es mayor o igual a 5, incrementar en 1 el dígito de la última posición considerada (ver nota 11).

**5.7.2** Un informe completo debe incluir la siguiente información general:

**5.7.2.1** Nombre y dirección del laboratorio de ensayo,

**5.7.2.2** Identificación del informe y la fecha de su expedición,

**5.7.2.3** Nombre y dirección del cliente o identificación del proyecto,

**5.7.2.4** Descripción e identificación del espécimen para ensayo,

**5.7.2.5** Fecha de recepción del espécimen,

**5.7.2.6** Fecha (s) del desarrollo del ensayo,

**5.7.2.7** Identificación de la norma utilizada y registro de cualquier desviación conocida del método de ensayo,

**5.7.2.8** Nombre del (los) responsable (s) técnico (s) del informe de ensayo,

**5.7.2.9** Edad de los especímenes para ensayo, si se conoce,

**5.7.2.10** Identificación de los resultados de los ensayos subcontratados, y

**5.7.2.11** Una fotografía, dibujo o descripción de la forma del espécimen.

**5.7.3** Un informe completo debe incluir los siguientes resultados de los ensayos realizados:

**5.7.3.1** Las dimensiones promedio: ancho, alto y longitud, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

**5.7.3.2** El área neta, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 10 mm<sup>2</sup>.

**5.7.3.3** La carga máxima, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados. Registrar la carga como se indica, con una aproximación de 5 N o con la exactitud mínima de la máquina de ensayo que se utiliza, la que sea mayor.

**5.7.3.4** La resistencia a compresión del área neta, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,1 MPa.

NOTA 11. Como ejemplo, en el numeral 5.7.3.7 se requiere que los resultados de densidad sean informados con una aproximación de 1 kg/m<sup>3</sup>. El valor calculado de 2 096,5 kg/m<sup>3</sup> debe ser informado como 2 097 kg/m<sup>3</sup>. Revisar la NTE INEN 52.

(Continúa)

**5.7.3.5** Las masas del espécimen sumergido, saturado y seco al horno ( $M$ ,  $M_s$  y  $M_d$ ); con una aproximación de 0,05 kg, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados.

**5.7.3.6** La absorción, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 kg/m<sup>3</sup>.

**5.7.3.7** La densidad, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 kg/m<sup>3</sup>.

**5.7.3.8** El volumen neto, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,0002 m<sup>3</sup>.

**5.7.3.9** Cuando sea necesario, informar la masa tal como se recibe ( $M_r$ ), con una aproximación de 0,05 kg y el contenido de humedad con una aproximación de 0,1%, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados. Además informar la hora en que se determina el contenido de humedad (cuando se mide  $M_r$ ).

**5.7.3.10** El tamaño y forma de los especímenes ensayados a compresión y a absorción.

**5.7.4** Un informe completo debe incluir también los requisitos adicionales del literal A.6 del Anexo A.

*(Continúa)*

**ANEXO A**  
(Información obligatoria)

**PROCEDIMIENTOS PARA ENSAYOS DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN**

**A.1 Alcance.** En este anexo se incluyen los requisitos para ensayo de bloques huecos de hormigón, que se fabrican de acuerdo con las especificaciones de las normas ASTM C 90 y ASTM C 129.

**A.2 Medición**

**A.2.1** En cada unidad medir y registrar: el ancho ( $W$ ) a través de las superficies de contacto; en el centro de la longitud; la altura ( $H$ ) en el centro de la longitud de cada cara y la longitud ( $L$ ) en el centro de la altura de cada cara, con la aproximación requerida para el informe.

**A.2.2** En cada unidad medir el espesor de cara ( $E_p$ ) y el espesor del tabique ( $E_t$ ) en el punto más delgado de cada elemento, 12 mm por debajo de la superficie superior de la unidad tal como se la fabrica (por lo general la superficie inferior de la unidad tal como se la coloca) y registrar con la aproximación requerida para el informe. En las mediciones ignorar surcos, protuberancias y detalles similares.

**A.2.3** En cada unidad, cuando el punto más delgado de la cara opuesta tenga una diferencia de espesor menor a 3 mm, calcular el espesor mínimo de la cara mediante el promedio de las medidas registradas. Cuando los puntos más delgados difieren en más de 3 mm, debe considerarse que el espesor mínimo de cara es el menor valor entre las dos mediciones registradas.

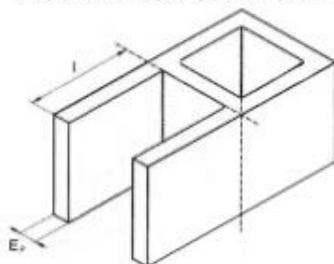
**A.2.4** En cada unidad calcular el espesor mínimo promedio del tabique promediando todas las mediciones del espesor del tabique que tengan un espesor igual o mayor a 19 mm (ver nota A.1).

**A.3 Ensayo de resistencia a compresión**

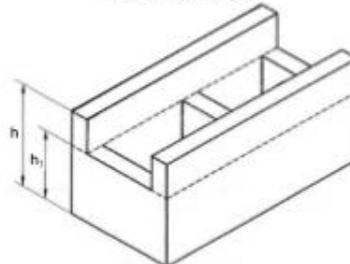
**A.3.1 Especímenes para ensayo.** Los especímenes deben ser unidades enteras, excepto por la modificación indicada en los literales A.3.1.1 a A.3.1.3.

**A.3.1.1** Extensiones no compatibles que tengan una longitud mayor que su espesor deben ser eliminadas mediante aserrado (ver figura A.1). En unidades con tabiques empotrados, la cara de extensión sobre el tabique debe ser eliminada mediante aserrado (ver figura A.2), para proporcionar una superficie de soporte total sobre la sección transversal neta de la unidad. Cuando la altura resultante de la unidad se reduce en más de un tercio de la altura original de la unidad, se ensaya solamente una fracción de esta de acuerdo con el literal A.3.1.3.

**FIGURA A.1. Extensiones en que la longitud es mayor que el espesor**



**FIGURA A.2. Extensiones de la cara sobre el tabique**



NOTA A.1. Tabiques con un espesor menor a 19 mm no contribuyen a la estabilidad estructural de la unidad. Tales tabiques no deben ser incluidos en el cálculo del espesor mínimo promedio del tabique.

(Continúa)

**A.3.1.2** Cuando se ensaya a compresión especímenes enteros que son demasiado grandes para las placas de carga de la máquina de ensayo y las placas adicionales de carga, o se encuentran fuera de la capacidad de carga de la máquina de ensayo, se deben cortar las unidades hasta un tamaño apropiado que se ajuste a la capacidad de la máquina de ensayo. El espécimen resultante no debe tener extensiones de cara ni tabiques irregulares y debe estar conformado por una o varias celdas de cuatro lados. Se debe considerar que la resistencia a compresión de la fracción es la resistencia a compresión del espécimen entero.

**A.3.1.3** Cuando los especímenes para ensayo a compresión tienen tamaño y forma inusuales (ver nota A.2), los especímenes deben ser cortados para eliminar cualquier tipo de extensiones. El espécimen resultante debe estar conformado por una o varias celdas de cuatro lados que garanticen una superficie de soporte del 100%. Cuando el corte no da como resultado una unidad cerrada por cuatro lados, el espécimen debe ser una fracción cortada de una cara de cada unidad. La fracción debe tener una relación altura a espesor de 2 a 1 antes del refrentado y una relación longitud a espesor de 4 a 1. El espesor de la fracción debe ser lo más grande posible, basándose en la configuración de la unidad y las capacidades de la máquina de ensayo y no debe ser menor de 30 mm. La fracción debe ser cortada de la unidad de manera que su altura quede en la misma dirección que la altura de la unidad. Se debe considerar que la resistencia a compresión de la fracción es la resistencia a compresión del área neta del espécimen entero.

**A.3.2** *Ensayo.* Refrentar y ensayar los especímenes de acuerdo con los numerales 5.4.3 y 5.4.4.

#### **A.4 Ensayo de absorción**

**A.4.1** *Especímenes de ensayo.* Los especímenes deben cumplir los requisitos del numeral 5.5.2, excepto por la modificación indicada en el literal A.4.1.1.

**A.4.1.1** Cuando los resultados van a ser utilizados para determinar el contenido de humedad de acuerdo con el numeral 5.6.2 o el espesor equivalente de acuerdo con el literal A.5.3, los ensayos deben realizarse en unidades enteras.

**A.4.2** *Ensayo.* Realizar el ensayo de absorción de acuerdo al numeral 5.5.3.

#### **A.5 Cálculos**

**A.5.1** Calcular la absorción, contenido de humedad, densidad, área neta promedio y resistencia a compresión del área neta, de acuerdo con el numeral 5.6.

**A.5.2** *Espesor de tabique equivalente.* El espesor de tabique equivalente de cada unidad (en mm por mm de longitud de la unidad), es igual a la suma de los espesores medidos en todos los tabiques del espécimen, cuyo espesor individual sea igual o mayor de 19 mm y dividido para la longitud de la unidad (ver nota A.3).

**A.5.3** *Espesor equivalente.* El espesor equivalente para bloques de hormigón se define como el espesor promedio de material sólido en la unidad y se calcula de la siguiente manera:

$$E_e, (\text{mm}) = \frac{V_n}{L \times H} \quad (\text{A.1})$$

Donde:

- $E_e$  = Espesor equivalente (mm)
- $V_n$  = Volumen neto promedio (mm<sup>3</sup>), (ver numeral 5.6.4)
- $L$  = Longitud promedio de las unidades enteras (mm), (ver el literal A.2.1)
- $H$  = altura promedio de las unidades enteras (mm), (ver literal A.2.1)

NOTA A.2. Ejemplos de unidades con tamaños o formas inusuales incluyen unidades para vigas, unidades de extremo abierto y unidades para columnas, pero no están limitados solo a estos tipos.

NOTA A.3. El espesor de tabique equivalente no se aplica a la porción de la unidad que se va a llenar con mortero. La longitud de tal porción debe ser deducida de la longitud total de la unidad.

(Continúa)

**A.5.3.1** El espesor equivalente solo debe ser calculado e informado para los especímenes enteros.

**A.5.4** *Porcentaje sólido.* Calcular el porcentaje sólido de la siguiente manera (ver nota A.4):

$$\text{Porcentaje sólido, (\%)} = \frac{V_n}{L \times W \times H} \times 100 \quad (\text{A.2})$$

Donde:

- $V_n$  = Volumen neto del espécimen (mm<sup>3</sup>), (ver numeral 5.6.4)
- $L$  = Longitud promedio del espécimen (mm), (ver el literal A.2.1)
- $H$  = altura promedio del espécimen (mm), (ver literal A.2.1)
- $W$  = ancho promedio del espécimen (mm), (ver literal A.2.1)

**A.5.5** *Variación máxima de las dimensiones especificadas*

**A.5.5.1** Determinar la variación de cada dimensión especificada, mediante el cálculo del promedio del ancho, alto y longitud de cada espécimen y comparando cada promedio con la dimensión especificada respectiva, dando lugar a tres resultados de variación para cada unidad y nueve resultados para un conjunto de especímenes. Determinar la variación máxima del conjunto, identificando el máximo de los nueve valores.

**A.5.5.2** Las dimensiones especificadas deben ser obtenidas del fabricante del espécimen.

## **A.6 Informe**

**A.6.1** Los informes de ensayo deben incluir toda la información de los numerales 5.7.2 y 5.7.3 y además lo siguiente:

**A.6.1.1** El espesor de cara mínimo, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,1 mm.

**A.6.1.2** El espesor de tabique mínimo, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

**A.6.1.3** El espesor de tabique equivalente, el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

**A.6.1.4** El espesor equivalente, el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

**A.6.1.5** El resultado del porcentaje sólido, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,1%.

**A.6.1.6** La variación máxima de las dimensiones especificadas, para el conjunto de especímenes ensayados, con una aproximación de 1 mm.

**A.6.1.7** El área bruta, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 10 mm<sup>2</sup>.

**A.6.1.8** La resistencia a compresión del área bruta, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados, con una aproximación de 0,1 MPa.

**A.6.1.9** El volumen neto con una aproximación de 0,0002 m<sup>3</sup>, para cada espécimen por separado y el promedio de los tres especímenes ensayados.

NOTA A.4. Este cálculo determina el porcentaje de hormigón en el volumen total de la unidad. Este es un valor de referencia útil, pero no es un requisito de las especificaciones de la unidad. Este valor no es comparable con la definición de una unidad sólida de la norma ASTM C 90 y ASTM C 129, que se refieren al área neta de la sección transversal de cada plano paralelo a la superficie de soporte respecto al área bruta de la sección transversal del mismo plano.

(Continúa)

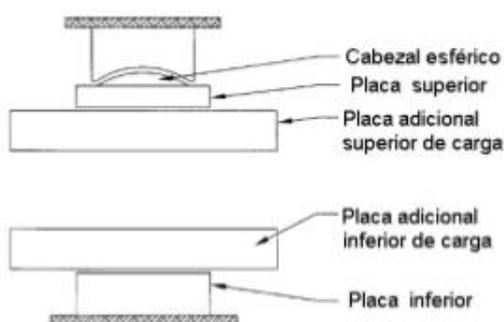
**ANEXO B**  
(Información obligatoria)

**DETERMINACIÓN DEL ESPESOR REQUERIDO DE LA PLACA ADICIONAL PARA EL ENSAYO A COMPRESIÓN**

**B.1 Alcance.** Este anexo proporciona información adicional para ayudar a determinar el espesor requerido de la placa adicional para el ensayo a compresión, como se indica en el numeral 5.4.

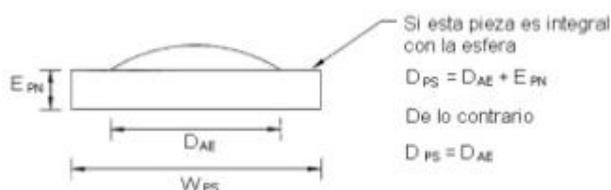
**B.2 Definiciones.** La figura B.1 indica la localización del equipo de ensayo referido, tal como se utiliza para el ensayo a compresión de bloques de hormigón.

**FIGURA B.1 Equipo utilizado en el ensayo a compresión**



**B.3 Determinación del diámetro de la placa superior.** Como se muestra en la figura B.2, para este método de ensayo se considera que el diámetro de la placa superior debe ser igual a la dimensión máxima horizontal medida a través del círculo creado por la porción esférica de la placa superior (este diámetro medido puede diferir del diámetro geométrico real de la esfera basado en su curvatura). Si la placa superior incluye una sección no esférica, que ha sido fabricada integralmente con el cabezal esférico a partir de una sola pieza de acero, se debe considerar que el diámetro de la placa superior es el diámetro del asiento esférico de la superficie superior de la placa más el espesor de la sección no esférica ( $E_{PN}$ ). Sin embargo, el diámetro de la placa superior no debe ser mayor que la dimensión mínima horizontal de la placa superior.

**FIGURA B.2. Diámetro de la placa superior**



Donde:

$D_{AE}$  = diámetro medido del asiento esférico,  
 $D_{PS}$  = diámetro calculado de la placa superior,  
 $W_{PS}$  = ancho mínimo medido de la placa superior,  
 $E_{PN}$  = espesor medido de la sección no esférica de la placa superior.

**B.4 Distancia del borde de la placa a la esquina más distante del espécimen de ensayo (ver la figura B.3)**

**B.4.1** Determinar la distancia del borde de la placa a la esquina más distante del espécimen de la siguiente manera:

(Continúa)

**B.4.2** Localizar el centro de masa del espécimen y marcarlo en el borde superior.

**B.4.3** Determinar, con una aproximación de 3 mm, la distancia del centro de masa del espécimen a la esquina más distante del espécimen, registrar esta distancia como A.

**B.4.4** La distancia del borde de la placa a la esquina más distante del espécimen se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$d = A \cdot \frac{D_{PS}}{2} \quad (B.1)$$

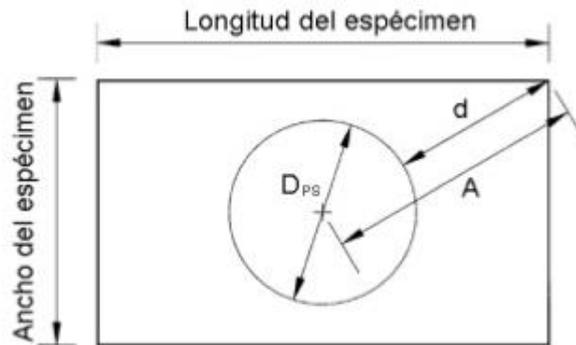
Donde:

d = distancia desde la placa a la esquina más distante del espécimen, (mm)

A = distancia desde el centro de masa del espécimen a la esquina más distante del espécimen (mm)

$D_{PL}$  = diámetro calculado de la placa superior, (mm).

**FIGURA B.3. Distancia de la placa a la esquina más distante del espécimen**



(Continúa)

**APÉNDICE Y**  
**(Información opcional)**

**HOJA DE CÁLCULO E INFORME DE ENSAYOS PARA UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN**

**Y.1** En este apéndice se incluye una hoja de cálculo de una muestra de laboratorio y un formulario de informe de ensayo. Estas muestras fueron desarrolladas para utilizarlas en el registro y presentación de la información del ensayo de unidades convencionales de mampostería de hormigón, para determinar su cumplimiento con la norma ASTM C 90. Estos formularios deben ser utilizados solo como una guía. Los usuarios de esta norma pueden utilizar o modificar estos formularios de acuerdo a sus propósitos y para dirigir los requisitos de los métodos de ensayo que ellos aplican para los especímenes específicos que van a ser ensayados.

**FIGURA Y.1. Ejemplo de hoja de trabajo para unidades de mampostería de hormigón**

Hoja de trabajo de acuerdo a la NTE INEN 2618 Muestreo y ensayo de bloques huecos de hormigón Cliente: _____ Dirección: _____ Trabajo No. /Descripción: _____ Designación del bloque /descripción: _____	Proyecto de laboratorio No.: _____ Fecha de recepción: _____ Laboratorio de ensayo: _____ Dirección: _____ Lugar de muestreo: _____ Dimensiones nominales generales: Ancho (mm): _____ Altura (mm): _____ Longitud (mm): _____
---	--

<b>Unidades para el ensayo de compresión</b>					
(Determinar la siguiente información para cada una de las tres unidades a ser ensayadas a compresión)					
	No. 1	No. 2	No. 3	Fecha	
Masa tal como se recibe (M), (kg)	14,73	14,16	14,03	2011-05-03	
Carga máxima de compresión (F <sub>max</sub> ), (N)	577 200	506 900	510 200	2011-05-05	
<b>Unidades para el ensayo de absorción</b>					
(Determinar la siguiente información para cada una de las tres unidades a ser sumergidas en agua para el ensayo de absorción)					
	No. 4	No. 5	No. 6	Fecha	
Ancho (W):	borde superior, (mm)	193	194	194	2011-05-02
	fondo, (mm)	194	194	194	
Altura (H):	Cara 1, (mm)	192	193	195	
	Cara 2, (mm)	191	193	195	
Longitud (L):	Cara 1, (mm)	397	396	397	
	Cara 2, (mm)	396	397	397	
Espesor de cara (E <sub>a</sub> ):	Cara 1, (mm)	33	35	35	
	Cara 2, (mm)	31	35	35	
	Espesor de tabique (E <sub>t</sub> ):				
	Tabique 1, (mm)	27	28	30	
	Tabique 2, (mm)	26	29	29	
	Tabique 3, (mm)	25	30	30	
	Tabique 4, (mm)				
Masa tal como se recibe (M), (kg)	14,55	14,17	14,01	2011-05-02	
Masa del espécimen sumergido (M <sub>s</sub> ), (kg)	7,64	7,37	7,28		
Masa del espécimen saturado (M <sub>sat</sub> ), (kg)	15,09	14,86	14,75	2011-05-03	
Masa del espécimen seco al horno (M <sub>h</sub> ), (kg)	13,69	13,30	13,22	2011-05-06	
Masas intermedias de secado (primera lectura luego de al menos 24 h de secado, lecturas sucesivas a intervalos de 2 horas)					
	Primera	13,71	13,35	13,26	Hora: 11:30
	Segunda	13,69	13,30	13,22	Hora: 14:00
	Tercera	_____	_____	_____	Hora: _____

*(Continúa)*

FIGURA Y.2. Ejemplo de informe para unidades de mampostería de hormigón

Informe de ensayos de acuerdo a la NTE INEN 2618	Proyecto de laboratorio No.: _____
Cliente: _____	Fecha de informe: _____
Dirección: _____	Laboratorio de ensayo: _____
Especificación del bloque: _____	Dirección: _____
Designación del bloque / descripción: _____	Lugar de muestreo: _____
	Fecha de recepción: _____

## Resumen de resultados de ensayo

Propiedad física	Valor especificado	Promedio de los resultados del ensayo	Propiedad física	Valor especificado	Promedio de los resultados del ensayo
Resistencia neta a compresión	13,7 MPa	13,7 MPa	Espesor mínimo de cara	32 mm	34 mm
Resistencia bruta a compresión	_____	6,9 MPa	Espesor mínimo de tabique	25 mm	28 mm
Densidad	240 kg/m <sup>3</sup>	1792 kg/m <sup>3</sup>	Espesor de tabique equivalente	57 mm	66 mm
Absorción	_____	200 kg/m <sup>3</sup>	Espesor equivalente	_____	97 mm
Porcentaje sólido	_____	50,3 %	Variación máxima de las dimensiones especificadas	3 mm	2 mm
			Área neta de la sección	_____	38716 mm <sup>2</sup>
			Área bruta de la sección	_____	83380 mm <sup>2</sup>

## Resultados de ensayo de unidades individuales

Unidades ensayadas a Compresión	Especimen No.	Masa tal como se recibe (M <sub>r</sub> ) (kg)	Área de la sección transversal (*)		Carga máxima (N)	Resistencia a compresión	
			Bruta (mm <sup>2</sup> )	Neta (mm <sup>2</sup> )		Bruta (MPa)	Neta (MPa)
Fecha de ensayo: 2011-05-06	1	14,70	76 929	38 716	577 200	7,5	14,9
	2	14,15	76 929	38 716	506 900	6,6	13,1
	3	14,00	76 929	38 716	510 200	6,6	13,2
	Promedio	14,30	76 929	38 716	531 433	6,9	13,7

(\*) Áreas determinadas como el promedio de las tres unidades ensayadas a absorción y se asume que son iguales a las de las unidades ensayadas a compresión.

Unidades ensayadas a absorción	Especimen No.	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Longitud promedio (mm)	Espesor de cara (*) (mm)	Espesor de tabique (mm)	
Fecha de ensayo: 2011-05-06	4	193	191	396	32	25	
	5	193	193	396	35	28	
	6	193	196	396	35	30	
	Promedio	193	193	396	34	28	

(\*\*) Cuando el punto más delgado de la cara opuesta difiere en espesor en menos de 3 mm, se reporta como espesor el promedio de sus mediciones.

	Especimen No.	Masa tal como se recibe (M <sub>r</sub> ) (kg)	Masa del esp. sumergido (M <sub>s</sub> ) (kg)	Masa del esp. saturado (M <sub>u</sub> ) (kg)	Masa del esp. seco al horno (M <sub>a</sub> ) (kg)	Absorción (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen neto (mm <sup>3</sup> )	Porcentaje sólido (%)
Fecha de ensayo: 2011-05-06	4	14,55	7,60	15,10	13,70	187	1 837	0,0074	50,7
	5	14,15	7,35	14,85	13,30	207	1 773	0,0076	50,4
	6	14,10	7,30	14,75	13,20	205	1 770	0,0074	49,9
	Prom.	14,25	7,40	14,90	13,40	200	1 793	0,0076	50,3

\_\_\_\_\_  
Firma del técnico del laboratorio

(Continúa)

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 52	<i>Reglas para redondear números</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1578	<i>Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2619	<i>Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Representado para el ensayo a compresión.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO/IEC 17025	<i>Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.</i>
Norma ASTM C 90	<i>Especificaciones para unidades de mampostería de hormigón portante.</i>
Norma ASTM C 129	<i>Especificaciones para unidades de mampostería de hormigón no portante.</i>
Norma ASTM C 1093	<i>Práctica para la acreditación de laboratorios de ensayo para mampostería.</i>
Norma ASTM C 1232	<i>Terminología aplicada en mampostería.</i>
Norma ASTM E 4	<i>Práctica para la verificación de la presión en máquinas de ensayo.</i>
Norma ASTM E 6	<i>Terminología relacionada con los métodos de ensayo mecánico.</i>

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 140 – 11. *Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2011.

Norma Técnica Colombiana NTC 4024 – 2001. *Prefabricados de concreto. Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrócompactados*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Santa Fé de Bogotá, 2001.

Norma Chilena NCh 182 – 2008. *Bloques de hormigón para uso estructural – Ensayos*.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 639 Segunda revisión	<b>TÍTULO: BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. MUESTREO Y ENSAYOS</b>	<b>Código:</b> CO 02.08-201
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2011-05-05	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1993-09-07 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo Ministerial No. 539 del 1993-11-17 publicado en el Registro Oficial No. 333 del 1993-12-09  Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: de _____ a _____		

Subcomité Técnico: **Hormigones, áridos y morteros**

Fecha de iniciación: 2011-05-18

Fecha de aprobación: 2011-07-28

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)  
  
Ing. José Arce (Vicepresidente)  
Ing. Jaime Salvador  
  
Ing. Raúl Ávila  
  
Ing. Hugo Egüez  
Sr. Carlos Aulestia  
Ing. Sixto González  
Ing. Marlon Valarezo  
  
Ing. Carlos González  
Arq. Karla Balladares  
Ing. Verónica Miranda  
  
Dr. Juan José Recalde  
Ing. Mireya Martínez  
Ing. Patricio Torres  
Químico Mauricio Canchigña  
  
Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL  
ECUADOR  
HORMIGONES HÉRCULES S. A.  
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y  
DEL HORMIGÓN. INECYC.  
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE  
HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR.  
APRHOPEC.  
HOLCIM ECUADOR S. A. (AGREGADOS)  
LAFARGE CEMENTOS S. A.  
INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.  
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE  
LOJA  
INTACO ECUADOR S. A.  
INTACO ECUADOR S. A.  
CONCRETOS V. M. / COLEGIO DE  
INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA  
CAMINOSCA S. A.  
CAMINOSCA S. A.  
DICOPLAN CIA. LTDA.  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
ECUATORIANO. OAE  
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y  
DEL HORMIGÓN. INECYC.

Otros trámites: ♦ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

Esta norma anula y reemplaza a las NTE INEN 640, 641 y 642.

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 706 de 2012-05-18

Por Resolución No. 12 093 de 2012-04-18



NORMA TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 3066**

2015-xx

**BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE  
ENSAYO**

CONCRETE BLOKS. REQUIREMENTS AND TEST METHODS

DESCRIPTORES: Bloques de hormigón, definiciones, clasificación, requisitos y métodos de ensayo.  
ICS: 91.100.30

23  
Páginas

<b>Índice</b>	<b>Pág.</b>
1. OBJETO .....	1
2. CAMPO DE APLICACIÓN .....	1
3. REFERENCIAS NORMATIVAS .....	1
4. DEFINICIONES .....	2
5. CLASIFICACIÓN .....	3
5.1 Clasificación de acuerdo al uso de los bloques .....	3
5.2 Clasificación de acuerdo a la densidad de los bloques .....	4
6. REQUISITOS .....	4
6.1 Generalidades .....	4
6.1.1 Materiales .....	4
6.1.2 Dimensiones .....	4
6.2 Aspectos visuales y marcas .....	6
6.3 Dimensiones .....	6
6.4 Resistencia a la compresión .....	6
6.5 Absorción de agua .....	7
7. MUESTREO .....	7
8. MARCADO, ETIQUETADO Y EMBALAJE .....	8
8.1 Contenido básico en la etiqueta de embalaje .....	8
9.2 Información a consignar en otros documentos .....	8
9. INFORME DE ENSAYO .....	8
9.1 Contenido básico en los informes de ensayo .....	8
ANEXO A PROGRAMA DE INSPECCIÓN .....	10
A.1 Inspección de los equipos .....	10
A.2 Evaluación y aceptación de la materia prima y materiales incorporados .....	11
A.3 Control de proporciones, dosificaciones y mezclado .....	12
A.4 Ensayos del producto .....	12
A.5 Reglas de cambio .....	13
A.5.1 Inspección normal .....	13
A.5.2 Paso de inspección normal a inspección reducida .....	13
A.5.3 Retorno a inspección normal .....	13
A.5.4 Inspección intensiva .....	13
A.5.5 Paso de inspección intensiva a inspección normal .....	13
A.5.6 Parada de la producción .....	13
ANEXO B DIMENSIONES .....	14
B.1 Preparación .....	14
B.2 Equipo .....	14
B.3 Ejemplares .....	14
B.4 Toma de las medidas .....	14
B.5 Máxima variación de las medidas nominales .....	15
ANEXO C DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA, DE LA DENSIDAD Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES .....	16

Norma Técnica Ecuatoriana	BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO.	NTE INEN 3066:2015
---------------------------	--	--------------------

## 1. OBJETO

Esta norma establece las definiciones, la clasificación, los requisitos y métodos de ensayo de los bloques de hormigón, fabricados con cemento hidráulico, agua y agregados minerales, con o sin aditivos.

## 2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma comprende a los bloques sólidos y huecos de hormigón de cemento hidráulico y sus piezas relacionadas que se emplean en la construcción de mamposterías estructurales, mamposterías no estructurales y losas alivianadas de hormigón.

Esta norma no comprende los paneles o bloques de hormigón espumoso, fabricados con materiales especiales destinados a obtener una densidad muy reducida.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, que sean referidos en esta norma son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 52	<i>Reglas para redondear números.</i>
NTE INEN 152	<i>Cemento Portland. Requisitos.</i>
NTE INEN 872	<i>Áridos para hormigón. Requisitos.</i>
NTE INEN 490	<i>Cementos hidráulicos compuestos. Requisitos.</i>
NTE INEN 2380	<i>Cemento hidráulico. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos.</i>
NTE INEN 2619	<i>Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Refrentado para el ensayo a compresión.</i>
NTE INEN 316	<i>Coordinación modular de la construcción. Dimensiones modulares de bloques huecos de hormigón.</i>
INEN-ISO/IEC 17025	<i>Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.</i>
NTE INEN-ISO 2859-1	<i>Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote.</i>
NTE INEN-ISO 8422	<i>Planes de muestreo secuencial para inspección por atributos.</i>
NTE INEN-ISO 3951	<i>Procedimientos de muestreo para la inspección por variables. Parte 2: especificación general para los planes de muestreo simples tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA) para la inspección lote por lote de características de calidad independientes. (ISO 3951-2: 2006)</i>
NTE INEN-ISO 8423	<i>Planes de muestreo secuencial para la inspección por variables para porcentaje no conforme (desviación estándar conocida) (ISO 8423:2008, IDT)</i>
ASTM C 90	<i>Especificaciones para unidades de mampostería de hormigón portante.</i>
ASTM C 129	<i>Especificaciones para unidades de mampostería de hormigón no portante.</i>
ASTM C 1093	<i>Práctica para la acreditación de laboratorios de ensayo para mampostería.</i>
ASTM C 1232	<i>Terminología aplicada en mampostería.</i>
ASTM E 4	<i>Práctica para la verificación de la presión en máquinas de ensayo.</i>
ASTM E 6	<i>Terminología relacionada con los métodos de ensayo mecánico.</i>
ASTM C 1170	<i>Standard Test Method for Determining Consistency and Density of Roller-Compacted Concrete Using a Vibrating Table.</i>

#### 4. DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los siguientes términos y definiciones.

**4.1 Bloque de hormigón.** Pieza prefabricada de hormigón simple, conformado por cemento hidráulico, agua, áridos finos y gruesos, con o sin aditivos, en forma de paralelepípedo, con o sin huecos en su interior.

**4.1.1 Bloque hueco de hormigón.** Bloque de hormigón en el que, el área neta de una sección paralela al plano de carga que no sea al nivel de la tapa, represente hasta el 75% del área bruta de la sección.

**4.1.2 Bloque sólido de hormigón.** Bloque de hormigón en el que el área neta de una sección paralela al plano de carga, que no sea al nivel de la tapa, represente más del 75% del área bruta de la sección.

**4.2 Bloque estructural de hormigón.** Es aquel que posee características físicas y mecánicas apropiadas, para ser usado como elemento de una mampostería estructural.

NOTA. El bloque estructural debe ser utilizado en mamposterías no estructurales, cuando el bloque se encuentre directamente expuesto, parcial o totalmente, a la intemperie.

**4.3 Bloque no estructural de hormigón.** Se utiliza en mamposterías no estructurales, que sirven para separar espacios físicos, no diseñadas para soportar en condiciones normales, más carga que su propio peso. Este bloque no debe ser utilizado si va a estar expuesto directamente a la intemperie.

**4.4 Dimensiones modulares.** Suma de las dimensiones nominales más el espesor de la respectiva junta, conforme a la Tabla 3.

**4.5 Dimensiones nominales.** Dimensiones declaradas por el fabricante del bloque.

**4.6 Dimensiones reales.** Se obtienen por medición directa efectuada sobre el bloque.

**4.7 Junta.** Espacio que queda entre las superficies de bloques contiguos de una pared, y que suele rellenarse con algún tipo de material.

**4.8 Lote.** Un determinado número de bloques de hormigón y piezas relacionadas de cualquier dimensión y configuración, fabricadas utilizando los mismos materiales, diseño de mezcla de hormigón, proceso de manufactura y método de curado.

**4.9 Piezas relacionadas.** Unidades que complementan a los bloques de hormigón en la construcción de mamposterías; por ejemplo, piezas esquineras o piezas terminales de pared.

**4.10 Plano de carga.** Es la superficie perpendicular a la dirección de la carga.

**4.11 Resistencia a la compresión bruta.** Es la relación entre la carga de rotura a compresión simple de un bloque y su superficie bruta, expresada en MPa.

**4.12 Resistencia a la compresión neta.** Es la relación entre la carga de rotura a compresión simple de un bloque y su superficie neta, expresada en MPa.

**4.13 Superficie bruta.** Es la superficie paralela al plano de carga del bloque. Es el resultado de multiplicar el largo real por el ancho real del mismo.

**4.14 Superficie neta.** Es la superficie de hormigón en una sección paralela al plano de carga del bloque. Es el resultado de restar el área de los huecos de la superficie bruta.

**4.15 Volumen total.** Es el resultado de multiplicar la superficie bruta del bloque de hormigón por su altura.

**5. CLASIFICACIÓN**

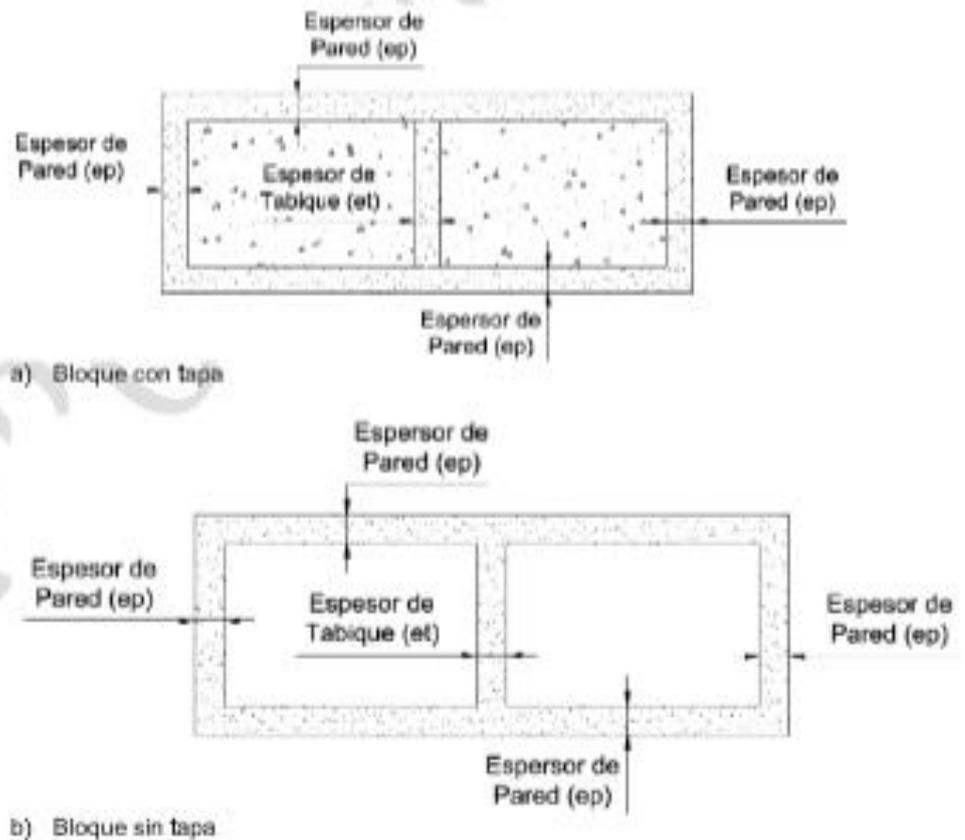
**5.1 Clasificación de acuerdo al uso de los bloques**

Los bloques huecos de hormigón se clasifican de acuerdo a su uso en tres clases, como se indica en la Tabla 1.

**TABLA 1. Clasificación de bloques de acuerdo al uso**

CLASE	USO
A	Mampostería estructural.
B	Mampostería no estructural.
C	Losas alivianadas.

**FIGURA 1. Vista en planta de los bloques de hormigón**



## 5.2 Clasificación de acuerdo a la densidad de los bloques

Los bloques huecos de hormigón se clasifican en tres tipos, de acuerdo a la densidad del hormigón que lo compone, como se indica en la Tabla 2.

**TABLA 2. Clasificación de los bloques de acuerdo a su densidad**

Tipo	Densidad del hormigón (Kg/m <sup>3</sup> )
Liviano	< 1 680
Mediano	1 680 a 2 000
Normal	> 2 000

## 6. REQUISITOS

### 6.1 Generalidades

#### 6.1.1 Materiales

Los bloques de hormigón se deben elaborar con cemento hidráulico, áridos finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias y otros materiales inorgánicos inertes adecuados.

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 480, NTE INEN 2380 y NTE INEN 152.

Los áridos que se utilicen en la elaboración de los bloques deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 872 y, además será determinada en función de las condiciones de diseño de la mezcla de hormigón.

El agua que se utilice en la elaboración de los bloques debe ser, de preferencia potable, libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas.

#### 6.1.2 Dimensiones

La dimensión nominal de un bloque debe ser tal que, sumada al espesor de la junta, dé una medida modular.

Se identificarán los bloques por sus dimensiones modulares, de acuerdo a la siguiente tabla. Las dimensiones modulares se expresarán, en su orden: largo, ancho y altura.

**TABLA 3. Dimensiones modulares y dimensiones nominales de bloques de hormigón**

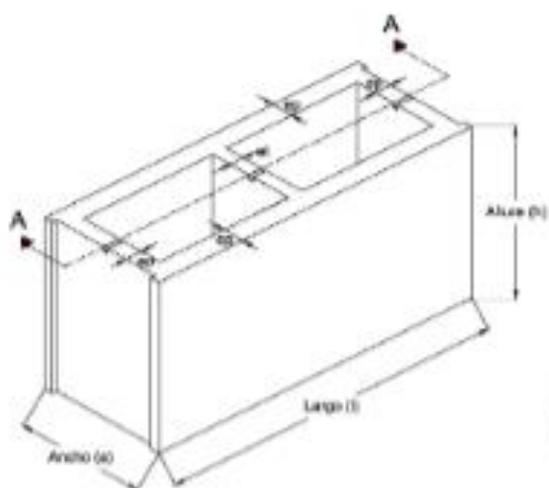
Dimensiones Modulares nM			Dimensiones Nominales mm		
Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura
4	3	2	390	290	190
3	2,5			240	
	2	x	290	190	x
	1,5			140	
2	1	1	190	90	90

NOTA. La tabla que precede es ejemplificativa y se basa en juntas de 10 mm y una medida modular M igual a 100 mm.

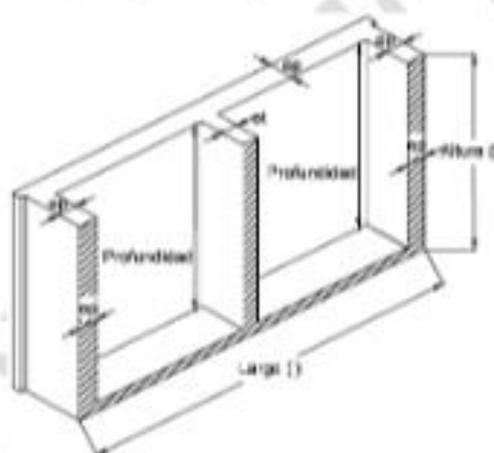
El fabricante deberá especificar el espesor de las juntas de sus productos.

El fabricante deberá también especificar el espesor de las paredes y el espesor de los tabiques.

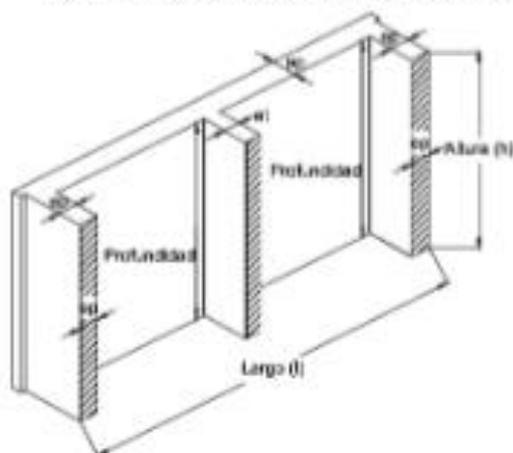
FIGURA 2. Perspectiva y cortes de los bloques de hormigón



a) Perspectiva bloque de hormigón



b) Corte A-A bloque de hormigón con tapa



c) Corte A-A bloque de hormigón sin tapa

El fabricante y el comprador, de común acuerdo, definirán el lugar de entrega de los bloques. Será en el lugar de entrega donde se determine el cumplimiento de los aspectos visuales y donde se extraiga las muestras para el resto de ensayos.

## 6.2 Aspectos visuales y marcas

Los bloques deben presentar la misma apariencia (forma, tonalidad) de aquellos que fueron presentados como muestra previos a la compra.

El lote de bloques, a la entrega, no debe presentar más del 5 % de unidades que tengan uno o más de los siguientes defectos:

- Dimensiones y tolerancias.
- Despostillados mayores a 25 mm.
- Fisuras con un ancho mayor a 0,5 mm y longitudes mayores al 25% de la altura nominal del bloque.
- Rotas.

Los bloques estructurales (bloques Clase A) deben estar identificados como tales, de manera que no puedan ser confundidos con otras Clases de bloques, mediante marcas. El fabricante debe definir las características de dichas marcas.

## 6.3 Dimensiones

Las dimensiones modulares y nominales de los bloques se muestran en la tabla 3.

Por convenio entre el fabricante y el comprador, podrán fabricarse bloques de dimensiones diferentes de las indicadas en la Tabla 3, sin perjuicio que estos bloques cumplan con los requisitos establecidos en esta norma.

La tolerancia máxima para largo, ancho y altura debe ser de  $\pm 3$  mm.

El espesor mínimo de las paredes y tabiques debe ser 13 mm para los bloques Clases B y C. Para los bloques Clase A los espesores mínimos se muestran en la Tabla 4.

**TABLA 4. Dimensiones mínimas de paredes y tabiques, bloques Clase A**

Ancho modular del bloque (mm)	Espesores mínimos de paredes y tabiques (mm)	
	Paredes	Tabiques
≤ 100	19	19
101 a 150	25	19
> 150	32	19

Para el ensayo de las dimensiones se requiere, por lote, una muestra compuesta por tres bloques enteros sin fallas. Una vez tomadas las medidas, estos bloques pueden ser utilizados en uno de los otros ensayos.

En el Anexo B se describe el método de ensayo para la toma de dimensiones.

## 6.4 Resistencia a la compresión

Al momento de su entrega, los bloques deben cumplir con las resistencias netas mínimas a la compresión simple, establecidas en la tabla 5.

TABLA 5. Resistencia neta mínima a la compresión, en bloques

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

\* 1 MPa = 10,2 Kg/cm<sup>2</sup>

### 6.5 Absorción de agua

La absorción de agua será requisito para bloques Clase A. Los requisitos se indican en la tabla 6.

TABLA 6. Absorción máxima de agua, en bloques clase A

Tipo	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción de agua máxima promedio (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción de agua máxima por unidad (kg/m <sup>3</sup> )
Liviano	< 1 680	288	320
Medio	1 680 a 2 000	240	272
Normal	> 2 000	208	240

Para el ensayo de absorción se requiere, por lote, una muestra compuesta por tres bloques enteros sin fallas.

En el Anexo E se describe el método de ensayo para determinar la absorción de agua de los bloques de hormigón.

## 7. MUESTREO

El plan de muestreo dependerá del acuerdo entre el productor y la persona que adquiere el producto.

Planes secuenciales

- por atributos NTE INEN-ISO 2859-1 y NTE INEN-ISO 8422.
- por variables NTE INEN-ISO 3951-2 y NTE INEN-ISO 8423.

El número de adoquines a ensayar debe ser el indicado en la tabla 7 según la propiedad seleccionada.

**TABLA 7. Plan de muestreo y criterios de conformidad para ensayos de tipo inicial y adicionales.**

Propiedad	Requisitos	Método de ensayo	Número de bloques	Criterio de conformidad
Aspectos visuales	Sección 6.2	Anexo B.3	Lote completo	No más del 5% de unidades deben presentar fallas.
Dimensiones	Sección 6.3	Anexo B	3 <sup>1</sup>	Cada bloque debe tener una tolerancia máxima en sus principales dimensiones inferior o igual a 3 mm.
Absorción, Densidad y otros	Sección 6.4	Anexo C	3	Establecidos en las tablas 4 y 6
Resistencia a la compresión simple	Sección 6.5	Anexo D	3	Establecidos en la tabla 5

<sup>1</sup> Estos bloques pueden ser empleados para otros ensayos.

Estos bloques, luego de haber sido utilizados para la determinación de las dimensiones reales, pueden ser usados en los otros ensayos, siempre y cuando no hayan sufrido alteraciones.

Los ensayos de tipo deben llevarse a cabo de acuerdo con los métodos de ensayo de referencia citados en esta norma.

Los resultados de los ensayos deben ser registrados.

En caso de duda (ver muestreo de acuerdo con el capítulo A.4).

El despacho debe satisfacer los requisitos de la norma. Si no, el despacho y la correspondiente producción no son aceptadas.

## 8. MARCADO, ETIQUETADO Y EMBALAJE

### 8.1 Contenido básico en la etiqueta de embalaje

La información que se detalla a continuación debe incluirse en el embalaje de los adoquines (pallet):

- Nombre del fabricante si es de fabricación local o del importador si es importado
- Fecha de fabricación y número del lote
- Clase y tipo de bloque
- Nombre comercial del bloque (si lo tiene)
- Descripción de la textura y el color de las paredes
- Dimensiones nominales (largo, altura y ancho) en milímetros
- Nombre del fabricante y país de origen (si el bloque es importado).

### 8.2 Información a consignar en otros documentos

La información que se señala en la sección que precede, puede también ser consignada, total o parcialmente, en la factura, guía de remisión o en determinada cantidad de adoquines.

## 19. INFORME DE ENSAYO

### 9.1 Contenido básico en los informes de ensayo

- 1) nombre de la organización que realiza el ensayo;
- 2) nombre de la persona que realiza el ensayo;
- 3) fecha del ensayo;
- 4) nombre del proveedor de la muestra;

- 5) referencia de la muestra (lote), incluyendo la fecha de producción;
- 6) nombre de las personas que toman la muestra;
- 7) número y anexo de la norma aplicable;
- 8) nombre del ensayo;
- 9) resultado del ensayo;
- 10) cualquier otra consideración pertinente sobre la muestra o resultado del ensayo; tales como nombre de la obra, ubicación / localización, nombre del contratista, nombre del usuario final, nombre del fiscalizador de la obra.

Esta sección detalla los procedimientos para: muestreo, medición de dimensiones, resistencia a la compresión simple, absorción, densidad, contenido de humedad, determinación del área neta promedio y del área bruta de bloques de hormigón.

PROYECTO A2

**ANEXO A**  
**(Informativo)**

**PROGRAMA DE INSPECCIÓN****A.1 Inspección de los equipos****TABLA A. 1 Inspección de los equipos**

<b>Materia</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Método</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>A.1.1 Equipos de medida y ensayo</b>			
Todo equipo de medida y ensayo	Correcto funcionamiento y precisión	Cuando proceda, calibración contra un equipo que haya sido calibrado de acuerdo a normas nacionales y se utilice exclusivamente para este propósito, excepto lo indicado en el método de ensayo	En la (re)instalación, después de una gran reparación o una vez al año
<b>A.1.2 Equipo de almacenamiento y producción</b>			
1 Almacenamiento de materiales	Ausencia de contaminación	Inspección visual u otro método apropiado	En el momento de su instalación - Semanalmente
2	Correcto funcionamiento	Inspección Visual	Diariamente
3 Equipos de dosificación volumétrica o por masa	Precisión declarada por el fabricante de bloques	Calibración contra un equipo que haya sido calibrado de acuerdo a normas nacionales y se utilice exclusivamente para este propósito	En el momento de su (re) instalación - Por masa: 1 vez al año - Volumétrico: 2 veces al año - En caso de duda
4 Amasadoras	Desgaste y correcto funcionamiento	Inspección visual	Semanalmente
5 Moldes	Limpieza y estado	Inspección visual	Diariamente

## A.2 Evaluación y aceptación de la materia prima y materiales incorporados

TABLA A. 2 Evaluación y aceptación de los materiales

Materia	Objetivo	Método	Frecuencia
<b>A.2.1 Toda la materia prima y materiales incorporados</b>			
1	Todos los materiales Cerciorarse que lo entregado corresponde al pedido, y que procede de la fuente correcta	Inspección de la guía de despacho, nota de entrega y/ o etiqueta en el embalaje mostrando conformidad con el pedido	Cada entrega
<b>A.2.2 Materiales no sometidos a evaluación de conformidad antes de<sup>1)</sup> su entrega</b>			
1	Cemento y otros materiales derivados del cemento Conformidad con los requisitos del fabricante de bloques	Método de ensayo apropiado	Cada entrega
2	Áridos Conformidad con los requisitos del fabricante de bloques  Por ejemplo: - Granulometría.  - Contaminación o impurezas	Inspección visual	Cada entrega
3		Curva granulométrica  Método de ensayo apropiado	- Primera entrega desde un nuevo origen  - En caso de duda - 1 vez a la semana - Primera entrega desde un nuevo origen - En caso de duda
4	Aditivos Conformidad con apariencia normal	Inspección visual	Cada entrega
5		Densidad Método del fabricante de bloques	
6	Adiciones/ pigmentos Conformidad con apariencia normal	Inspección visual	Cada entrega
7		Densidad Método del fabricante de bloques	
8	Agua que no proceda de un sistema público de distribución Conformidad con los requisitos del fabricante de bloques	Ensayo de acuerdo con norma	- La primera vez que se utilice un nuevo origen.  - Agua procedente de un curso abierto de agua: 3 veces al año, o más (dependiendo de las condiciones locales).  - Otras fuentes: 1 vez al año - En caso de duda
9	Agua reciclada Control de contenidos sólidos y otros contaminantes	Visual	Semanalmente
10		Método del fabricante de bloques	En caso de duda

1) Materiales no auditados por el fabricante de productos prefabricados o por una tercera parte aceptable para el fabricante

## A.3 Control de proporciones, dosificaciones y mezclado

TABLA A. 3 Control de proporciones, dosificaciones y mezclado

Materia	Objetivo	Método	Frecuencia	
1	Composición de la mezcla Conformidad con la composición pretendida (lote por masa o volumétrico)	- Visual para los equipos de pesado. - Control de acuerdo con los documentos del proceso de producción	Diariamente	
2	Conformidad con los valores de la mezcla (sólo lote volumétrico)	Análisis del hormigón fresco	Mensualmente	
3	Hormigón fresco	Correcto amasado	Control visual	Díafo para cada amasadora
4	Producción	Conformidad con los procedimientos documentados de la fábrica	Actuaciones de control de acuerdo con los procedimientos de la fábrica	Diariamente

## A.4 Ensayos del producto

Materia	Objeto	Método	Frecuencia
<b>A.4.1 Ensayo de producto</b>			
1	Aspectos visuales	Ver 6.2	Control visual
2			Anexo B.3
3	Dimensiones	Ver 6.3	Anexo B
4	Absorción	Ver 6.4	Anexo C
7	Resistencia a la compresión simple	Ver 6.5	Anexo D
<b>A.4.2 Almacenamiento y entrega</b>			
1	Almacenamiento	Separación del producto no conforme	Control visual
2	Entrega	Edad de entrega correcta, carga y documentos de la carga	Control visual

## **A.5 Reglas de cambio**

### **A.5.1 Inspección normal**

La cantidad de muestra debería corresponder con lo establecido al anexo A.4.1

### **A.5.2 Paso de inspección normal a inspección reducida**

La inspección reducida consiste en ampliar al doble los períodos de la inspección normal. Se la aplica cuando, al menos, 10 muestras consecutivas anteriores han cumplido con los requisitos.

La inspección reducida suplementaria consiste en ampliar al doble el período de inspección reducida. Se permite realizar una inspección reducida suplementaria cuando, al menos, 10 muestras reducidas consecutivas anteriores han cumplido con los requisitos.

### **A.5.3 Retorno a inspección normal**

Cuando se está en condiciones de inspección reducida, o inspección reducida suplementaria, se debe volver a inspección normal si se daña cualquiera de las condiciones siguientes:

- Una muestra no es aceptada.
- La producción se realiza de forma irregular o con tropiezos.
- Si otras condiciones justifican que debería volverse a la inspección normal.

### **A.5.4 Inspección intensiva**

La inspección intensiva requiere que se duplique el número de adoquines de la muestra.

Debería ser empleada si estando en inspección normal fallan 2 de 5 muestras sucesivas.

### **A.5.5 Paso de inspección intensiva a inspección normal**

La inspección intensiva debería mantenerse hasta que 5 muestras sucesivas sean aceptadas, entonces puede pasarse a inspección normal.

### **A.5.6 Parada de la producción**

Cuando se mantienen las condiciones para permanecer en la inspección intensiva con 10 muestras sucesivas, la línea de producción debería considerarse fuera de control y pararse.

Se debería revisar el sistema de producción y realizar cualquier cambio necesario.

Una vez corregido el sistema de producción, esta debería reanudarse en condiciones de inspección intensiva.

## ANEXO B (Normativo)

### DIMENSIONES

#### B.1 Preparación

Al recibir los bloques que conforman la muestra, deben eliminarse rebabas y todo tipo de material adherido a las superficies de los bloques, con la ayuda de cepillos de acero o piedras abrasivas.

Realizada esta labor, hay que registrar el peso de cada ejemplar (ver Anexo C), si estos mismos bloques van a ser utilizados para la determinación de la densidad y absorción.

Nota: Los ejemplares usados para la determinación de las dimensiones, pueden ser usados en otros ensayos.

#### B.2 Equipo

Los equipos de medición deben tener la capacidad de medir al milímetro o a la décima de milímetro, cuando el grado de precisión que se requiera sea una de esas medidas.

Los equipos de medición deben ser legibles y precisos en la unidad que debe reportarse la medida. Su precisión debe comprobarse al menos una vez al año. El registro de la verificación debe incluir la fecha en la cual fue realizada, el nombre de la persona y de la institución que la realizó, la identificación de la norma que se utilizó, los puntos de comprobación que se usaron y las medidas tomadas.

NOTA. Calibradores, micrómetros, reglas metálicas son aparatos adecuados para la determinación de las dimensiones de los bloques.

#### B.3 Ejemplares

Tres ejemplares "full size" deben ser tomados para efectuar el ensayo de las dimensiones.

#### B.4 Toma de las medidas

Para cada unidad (ejemplar) debe tomarse y registrarse el ancho ( $W$ ) midiendo el ancho en el centro de las superficies superior e inferior de carga del bloque, al milímetro más cercano y obteniendo el promedio aritmético de las dos medidas.

NOTA. Normalmente la superficie superior de fabricación se convierte en superficie inferior en la construcción y viceversa.

En cada bloque se mide la altura ( $H$ ) a lo largo del centro de las dos caras. Se registran estas medidas al milímetro más cercano en las dos caras. Se toma el promedio aritmético de estas dos medidas redondeada al milímetro más cercano y también se la registra.

Para cada bloque se mide la longitud ( $L$ ) a media altura, a lo largo de cada una de las dos caras. Se registran estos valores y se obtiene el promedio aritmético de ambos, redondeado al milímetro más cercano.

En cada bloque se debe medir el espesor de las paredes ( $t_w$ ) en el lugar más delgado, a 13 mm por debajo de la superficie superior (generalmente la superficie inferior al usarlo), con una precisión de medio milímetro. Al tomar estas medidas, no tome en cuenta "grooves, scores and similar details" que pueden encontrarse en las caras del bloque.

Cuando la diferencia en las medidas del espesor de las caras es inferior a 3 mm, obtener el promedio aritmético de las dos medidas, redondeado al milímetro más cercano. Cuando la diferencia en espesores supera los 3 mm, registrar el menor valor como el espesor de las caras.

Para cada unidad, medir el espesor de cada tabique en el lugar más delgado de cada uno de ellos ( $t_v$ ), con una precisión de medio milímetro. Calcular para cada unidad el área mínima de tabiques usando uno de los siguientes métodos:

- a) para tabiques rectangulares medir la altura de cada tabique en el lugar de menor altura ( $t_v$ ) con una precisión de medio milímetro. Multiplicar el espesor por la mínima altura de cada uno de ellos para obtener el área de cada uno de ellos ( $A_{vi}$ ) y sumar los resultados de todos para obtener el área total de tabiques ( $A_{vt}$ ). No considerar los tabiques cuyos espesores sean menores a 19 mm; o,
- b) Cuando los tabiques no sean rectangulares, no tome en cuenta las porciones de tabiques de espesores inferiores a 19 mm. Tome las dimensiones que sean necesarias para lograr determinar el área mínima de cada tabique y el área total de tabiques.

NOTA 1. Tabiques con alturas mínimas a lo largo de toda su longitud o espesores menores a 19 mm, generalmente no contribuyen a la estabilidad estructural del bloque. Este tipo de tabiques no deben ser considerados al determinar el área mínima de los tabiques. Cuando una parte del tabique tiene un espesor inferior a 19 mm, esta porción tampoco debe ser tomada en cuenta para determinar el área mínima de tabiques.

NOTA 2. Es probable que sea difícil tener acceso a los tabiques en algunos bloques. En este caso deberá cortarse con sierra el bloque, a lo largo de su longitud para facilitar la toma de medidas y la determinación del área mínima de tabiques.

#### **B.5 Máxima variación de las medidas nominales**

Obtenga la diferencia entre los promedios de la longitud, ancho y altura y la respectiva dimensión nominal, en valores absolutos de los tres ejemplares.

Registre el mayor valor de entre los nueve resultados.

Es el fabricante quien debe suministrar las dimensiones nominales de sus bloques.

## ANEXO C (Normativo)

### DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA, DE LA DENSIDAD Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES

#### C.1 Peso recibido

Al recibir la muestra, debe determinarse el peso recibido ( $w_f$ ) de cada uno de los ejemplares que componen la muestra. Al tiempo de registrar la masa recibida, debe dejarse constancia del lugar, fecha y hora en que se la obtuvo.

NOTA. La masa recibida frecuentemente tiene una relación directa con otras propiedades del bloque, por lo que sirve para evaluar resultados o para clasificación (seleción). La masa del bloque y la de las piezas complementarias, cambia con el tiempo y con las condiciones de exposición, básicamente por el contenido de humedad dentro del ejemplar. Por lo que, para apreciar el valor o la importancia que la masa recibida tiene, es también importante conocer el momento y el lugar en que esta característica fue determinada. "Momento y lugar" no debe referirse a cuando y donde se realizó el muestreo (o se obtuvo la muestra) sino a cuando y donde se determinó la masa recibida. En adición a la fecha y la hora, es importante conocer si ese peso fue determinado luego de que el ejemplar llegó a un equilibrio con el ambiente de laboratorio, o antes de despachar el lote de bloques, o luego de recibirlos en la obra y así por el estilo.

#### C.2 Equipo

Salvo que se especifique lo contrario en alguna otra sección de la presente norma, la balanza a usar para este ensayo debe tener una precisión equivalente al uno por mil (0,1%) del ejemplar de menor peso a ensayar.

NOTA. Por lo general se utilizarán ejemplares de 2,5 kg, por lo que la balanza debe tener una precisión de, al menos, 2,5 g.

#### C.3 MUESTRA

Se requieren tres ejemplares para el ensayo a la absorción.

El ensayo, preferentemente, debe practicarse en ejemplares enteros. Cuando esto no sea posible, debe practicarse en piezas iguales, cortadas con sierra, de los ejemplares enteros. Los resultados de absorción y densidad obtenidos en piezas cortadas, deben ser considerados como válidos para la pieza completa.

Cuando se utilicen piezas cortadas, estas deben ser pesadas para determinar su peso inicial, el cual no debe ser inferior al 20% del peso recibido del ejemplar entero.

NOTA. Cuando se practique el ensayo en piezas cortadas, estas deben ser lo más grandes posibles, que se adapten a la capacidad del equipo de laboratorio, para reducir al mínimo la variabilidad en los resultados de absorción.

#### C.4 Procedimiento

Sumerja los ejemplares a ser ensayados en agua a una temperatura entre 15 y 27°C durante 24 a 28 horas, de manera que la superficie del agua esté al menos 15 cm por encima de la superficie superior de los ejemplares. Los ejemplares deben estar separados unos de otros y del fondo del reservorio al menos 3 mm, usando una malla o espaciador, de tal naturaleza que menos del 10% de la superficie del ejemplar esté en contacto con la malla o el espaciador.

Determine el peso de cada uno de los ejemplares mientras están sumergidos en el agua ( $w_i$ ), suspendiéndolos con la ayuda de un alambre metálico. Asegurarse que los ejemplares estén totalmente sumergidos durante esta operación.

Transcurrido el período de inmersión indicado, pesar los ejemplares cada dos o más horas, hasta que la diferencia de peso en cada ejemplar entre dos pesadas sucesivas y en todos los ejemplares, sea inferior al 0,2%. Para pesar, retire los ejemplares del agua y permita que el agua escuma al ambiente colocándolos sobre una malla de alambre con huecos de 10 mm o más. Mientras el ejemplar está drenando y antes de pesarlo, asegúrese de remover toda agua superficial con la ayuda de un trapo

húmedo. Determine el peso de los ejemplares y registre como peso saturado el resultado del último proceso de pesado ( $w_s$ ).

Realizada la acción anterior, colocar los ejemplares en un horno ventilado, regulado a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante un mínimo de 24 horas. Luego, cada dos horas, pese los ejemplares hasta que la variación en peso de todos ellos, entre dos pesadas sucesivas, sea menor a 0,2%. Registre el peso de los ejemplares secos al horno ( $w_d$ ).

## C.5 Cálculos

### C.5.1 Absorción

Aplique la siguiente fórmula, para determinar la absorción en  $\text{kg/m}^3$ :

$$\text{Absorción (kg/m}^3\text{)} = \frac{(w_s - w_d)}{(w_s - w_i)} \times 1000$$

Para determinar la absorción en porcentaje:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(w_s - w_d)}{w_d} \times 100$$

Donde:

- $w_s$  es el peso saturado con agua (kg)
- $w_d$  es el peso seco al horno (kg)
- $w_i$  es el peso sumergido en agua (kg)

### C.5.2 Contenido de humedad

Calcule el contenido de humedad de cada ejemplar en el momento en que se determina el peso recibido, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{(w_r - w_d)}{(w_s - w_d)} \times 100$$

Donde:

- $w_r$  = peso recibido
- $w_d$  = peso seco al horno
- $w_s$  = peso saturado

NOTA: Para determinar el contenido de humedad de un ejemplar o de todos los ejemplares de una muestra, se utiliza el peso recibido; por consiguiente, el resultado representa el contenido de humedad al momento de determinar el peso recibido.

### C.5.3 Densidad

Para determinar la densidad de los ejemplares secados al horno, aplique la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad, D, (kg/m}^3\text{)} = \frac{w_d}{(w_s - w_i)} \times 1.000$$

Donde:

- $w_d$  = peso seco al horno (kg)
- $w_s$  = peso saturado de agua (kg)
- $w_i$  = peso inmerso en agua (kg)

### C.5.4 Área neta promedio

Calcule el área neta promedio siguiendo el siguiente proceso:

$$\text{Volumen neto, } V_n \text{ (cm}^3\text{)} = w_d / D \times 10^6 = (w_s - w_i) \times 10^3$$

$$\text{Área neta promedio, } \bar{A}_n \text{ (mm}^2\text{)} = V_n \times 10^3 / H$$

Donde:

- $w_d$  = peso seco al horno (kg)
- $D$  = densidad (kg/m<sup>3</sup>)
- $w_s$  = peso saturado con agua (kg)
- $w_i$  = peso inmerso en agua (kg)
- $H$  = altura promedio (mm)

NOTA. El volumen neto se calcula en cm<sup>3</sup> para ser consistentes con las necesidades del informe de ensayo relacionado con esta norma. Sin embargo, el área neta se calcula en mm<sup>2</sup> para facilitar la determinación de la resistencia a la compresión simple expresada en MPa (equivalente a N/mm<sup>2</sup>).

NOTA. Excepto si se trata de especímenes con formas irregulares, como por ejemplo bloques partidos (split), el área neta es igual al área bruta en los bloques 100% sólidos.

### C.5.5 Área bruta

Calcule el área bruta de la siguiente manera:

$$\text{Área bruta, } A_b \text{ (mm}^2\text{)} = L \times W$$

Donde:

- $L$  = longitud promedio (mm)
- $W$  = ancho promedio (mm)

NOTA. El área bruta de un ejemplar es el área total de una sección perpendicular a la dirección de la carga, incluyendo las áreas con vacíos y espacios, salvo que dichos espacios vayan a ser ocupados por bloques adyacentes.

### C.5.6 Área normalizada de tabiques

Calcule el área normalizada de tabiques para cada espécimen ( $A_{nt}$ ), dividiendo el área mínima total de tabiques para sus longitud y altura nominales, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Área normalizada de tabiques, } A_{nt} \text{ (mm}^2\text{/m}^2\text{)} = \frac{A_{nt}}{L_n \times H_n} \times 10^6$$

Donde:

- $A_{nt}$  = área mínima total de tabiques (mm<sup>2</sup>)
- $L_n$  = longitud nominal (mm)
- $H_n$  = altura nominal (mm)

NOTA. En el área mínima total de tabiques no aplica la porción del ejemplar que será rellenada con mortero. La porción del ejemplar que será rellenada con mortero, debe ser deducida del cálculo del área normalizada de tabiques.

### D.5.7 Espesor equivalente

El espesor equivalente de un bloque de mampostería está definido como el espesor promedio de materia sólida en un ejemplar y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Espesor equivalente, } T_e \text{ (mm)} = \frac{V_n}{L \times H} \times 10^3$$

Donde:

- $V_n$  = volumen neto (cm<sup>3</sup>)
- $L$  = longitud promedio del ejemplar entero (mm)

NTE INEN 3086

- H = altura promedio del ejemplar entero (mm)

NOTA. El espesor equivalente debe determinarse únicamente para ejemplares enteros.

### C.5.8 Porcentaje sólido

Calcúlelo de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje sólido, } S, (\%) = \frac{V_n}{L \times W \times H} \times 10^3$$

Dónde:

- $V_n$  = volumen neto (cm<sup>3</sup>)
- L = longitud promedio del ejemplar entero (mm)
- W = ancho promedio del ejemplar entero (mm)
- H = altura promedio del ejemplar entero (mm)

NOTA. Este cálculo determina el porcentaje de homiçión frente al volumen total del bloque. Es una referencia valiosa, pero no es un requisito. Este valor no tiene relación con la definición de bloques sólidos, que se refiere a la sección neta de los pilares paralelos a la superficie de carga (perpendicular a la dirección de la carga).

PROYECTO A2

## ANEXO D (Normativo)

### MEDIDA DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

#### D.1 Equipo

El equipo debe ser preciso hasta el 61% por encima del rango anticipado de carga.

El plato superior es una pieza de acero duro, asentado sobre un apoyo esférico, firmemente sujeto al centro del cabezal superior del equipo.

El centro del plato debe reposar en el apoyo esférico, pero deberá poder girar en cualquier dirección libremente. En todo su perímetro debe tener una holgura de al menos 6 mm del cabezal para acomodar los ejemplares cuyas superficies de carga no sean paralelas. El diámetro del plato debe ser de al menos 150 mm.

Un plato de acero endurecido puede ser colocado sobre el plato inferior del equipo, para minimizar el desgaste del plato inferior del equipo.

Cuando la superficie de carga del plato superior o inferior no sea lo suficientemente grande para cubrir toda el área del ejemplar, se puede colocar una plancha de acero entre los platos y el ejemplar de un espesor de, al menos, la distancia que separa el filo de la placa a la más distante esquina del ejemplar. El ancho y longitud de la plancha de acero deben ser, al menos, 6 mm más grandes que el ancho y longitud del ejemplar.

NOTA. Para mayor información sobre el espesor y dimensiones de las planchas suplementarias de acero, referirse a la norma ASTM C140-15, Anexo B.

Las superficies del plato o de la plancha suplementaria que estará en contacto con los ejemplares durante el ensayo, deben tener una dureza de, al menos, HRC 60 (BHN 620). Las superficies de los platos o de las planchas no deberán tener ondulaciones por encima de 0,025 mm (25  $\mu$ ) en cualquier distancia de 150 mm.

NOTA. Investigaciones han demostrado que el espesor de los platos y planchas suplementarias tiene un significativo impacto en los resultados de los ensayos de bloques para mampostería, cuando las dimensiones de ellas no son suficientes para cubrir adecuadamente la superficie del bloque. La deformación de las placas da como resultado una distribución no uniforme del esfuerzo, influenciando negativamente el mecanismo de rotura de los ejemplares. La magnitud de este efecto se controla con la rigidez de las placas, la dimensión del ejemplar y su resistencia. La resistencia a la compresión será mayor cuando mayor es el espesor de las placas y con una reducida distancia a la esquina más lejana del ejemplar. Algunos laboratorios de ensayo tienen limitaciones para reducir o llevar a cero la deformación de las placas, por lo que las directrices indicadas en esta sección respecto al espesor y tamaño de las placas constituyen una guía para estos laboratorios.

El equipo debe ser calibrado y su precisión verificada regularmente.

#### D.2 Muestras

Se requieren 3 ejemplares por muestra.

Los ejemplares deben ser enteros. En ocasiones por el tamaño de los ejemplares y por las limitaciones del laboratorio, será necesario cortar los ejemplares de conformidad con lo establecido en esta misma norma, extrayendo piezas de iguales características y dimensiones de cada ejemplar.

Las proyecciones que tengan una longitud superior a su espesor deben ser removidas mediante corte con sierra.

En ejemplares donde las paredes tengan proyecciones que sobresalen de la superficie de los tabiques, las proyecciones deben ser cortadas con sierra para asegurar una completa superficie de soporte en toda la superficie neta del bloque. De igual forma si los tabiques sobresalen a las paredes, estos deben ser cortados con sierra para lograr el mismo efecto.

Cuando se ensaye ejemplares enteros que son muy grandes para la placa y para la plancha suplementaria o que la carga de rotura esperada rebasa la capacidad de la prensa, los ejemplares deben ser cortados de tal manera que las piezas que resulten de los cortes sean adecuadas para el equipo, no tengan paredes o tabiques que sobresalgan, ni tabiques irregulares y sus celdas deben estar limitadas por paredes y tabiques. La resistencia de la pieza será considerada como la resistencia del ejemplar entero.

Cuando los ejemplares son de un tamaño o forma inusuales, de tal forma que mediante cortes no se logre obtener una pieza de las características arriba indicadas, se debe proceder a extraer mediante cortes con sierra un pedazo de una de las paredes de cada ejemplar. El pedazo de pared debe tener una relación altura a ancho de 2 a 1 y una relación largo a ancho de 4 a 1. El ancho del pedazo debe ser lo más grande posible y no puede ser menor a 30 mm. El pedazo debe ser cortado de tal manera que su altura tenga la misma orientación que la altura del ejemplar. La resistencia a la compresión del pedazo debe ser considerada como la resistencia a la compresión del área neta del ejemplar.

NOTA. Deberá ensayarse ejemplares enteros de ser posible. Si esto no es posible, se deberá ensayar una pieza de dicho ejemplar. Si nos es posible ensayar ejemplares enteros ni una pieza cortada de dicho ejemplar, entonces se podrá ensayar un pedazo.

Tan pronto se reciba la muestra en el laboratorio, almacene los ejemplares destinados al ensayo a la compresión simple, sin apilarse, separados al menos 13 mm unos de otros en todos sus costados, expuestos al aire a una temperatura de  $24 \pm 8^\circ \text{C}$ , a una humedad relativa inferior a 80%, por un período mínimo de 48 horas.

Si se requieren antes los resultados, almacene los ejemplares en la manera indicada expuestos a un ventilador de aire durante un período no menor a 4 horas. Mantenga la ventilación forzada hasta que dos pesadas sucesivas de los ejemplares que componen la muestra no varíen en más de 0,2% y hasta que no haya huellas visibles de humedad en cualquier superficie de la unidad. No se debe someter al secado al horno a estos ejemplares.

De conformidad con este método de ensayo, el área neta se determina en ejemplares distintos a los que se someterán a la compresión simple. El método para determinar la resistencia a la compresión se basa en asumir que las unidades usadas para determinar el volumen neto (ejemplares destinados al ensayo a la absorción) tiene el mismo volumen neto que los usados para la compresión. Para el caso de los bloques split (bloques tipo piedra), al seleccionar los ejemplares para formar la muestra, asegúrese que el grupo de ejemplares que será sometido al ensayo relacionado a la absorción sea representativo o muy similar visualmente y en peso, al grupo que será sometido a la compresión.

Cuando se permite cortar los ejemplares, debe usarse una sierra ejecutando el corte de manera competente, procurando no someter al bloque a vibraciones excesivas. Use un disco o lámina de corte con la dureza adecuada. Luego del corte, antes de seguir con los procedimientos, es necesario remover todo exceso de residuos de las piezas cortadas. Si los ejemplares son humedecidos para este proceso de corte, antes de continuar con los procedimientos hay que secarlos usando los procedimientos indicados en esta sección.

NOTA. Cuando los ejemplares son cortados usando sierra y agua, generalmente es suficiente enjuagarlos con agua limpia para remover los residuos de corte. Cuando se usa sierra seca, generalmente es suficiente usar un cepillo de pelos suaves para remover los residuos del corte.

Cuando los ejemplares usados para el ensayo a la compresión debieron ser cortados, corte tres ejemplares adicionales de iguales dimensiones y forma para usarlos para determinar el área neta. El área neta determinada de esta manera, no puede ser usada para determinar el espesor equivalente.

Se permite capear los ejemplares de conformidad con la Práctica C1552.

### D.3 Procedimiento

Los ejemplares deben ser alineados en el equipo haciendo coincidir el centro de gravedad de la superficie de carga con el centro de la esfera de soporte de la placa del equipo de ensayo.

Salvo en los casos de productos especiales que van a ser usados con los huecos en posición horizontal, ensaye los bloques huecos de hormigón con sus huecos en posición vertical. Ensaye

bloques 100% sólidos y aquellos que van a ser usados con los huecos en posición horizontal en la posición como van a ser utilizados. Antes de iniciar el ensayo asegúrese que la placa superior pueda moverse libremente en cualquier dirección de manera a asegurar una distribución uniforme del esfuerzo.

NOTA. Para los ejemplares que tienen ejes de simetría en la superficie de carga, se determina el centro encontrando el centro de uno de los ejes de simetría. Para los ejemplares que no tienen eje de simetría, se lo encuentra balanceando la unidad sobre el filo de un cuchillo o de una varilla redonda de acero. Cuando se use una varilla redonda, debe asegurarse que ésta se coloque sobre una superficie plana que permita a la varilla rodar libremente. Se traza uno o dos ejes centroides para determinar el centro del ejemplar. Por lo general, la varilla que se usa para este propósito es la que se usa para consolidar el concreto en el ensayo del asentamiento (cono de Abrams).

Al momento de ensayarlos, los ejemplares deben estar libres de huellas visibles de agua y humedad.

Respecto a la velocidad del ensayo, aplique la carga hasta la mitad de la carga final esperada a cualquier velocidad. Llegado a este punto, ajuste el equipo para aplicar el resto de la carga en un período de 1 a 2 minutos. No descarte el resultado, si con el primer ejemplar, se logró la carga de rotura por encima de los 30 segundos.

NOTA. Cuando el periodo de carga se sale del rango de 1 a 2 minutos, significa que la carga esperada está errada. Hay que ajustar la velocidad de carga para el ensayo de los otros dos ejemplares.

Registre la máxima carga o carga de rotura ( $P_{max}$ ), en Newtons, lograda en cada ejemplar de la muestra.

#### E.4 Resistencia a la compresión simple

Determine la Resistencia a la compresión simple de los bloques aplicando, según el caso, una de las siguientes fórmulas:

##### D.4.1 Resistencia a la compresión simple del área neta:

Resistencia a la compresión simple del área neta,  $R_n$ , (MPa) =  $P_{max}/A_n$

Dónde:

- $P_{max}$  = carga máxima a la compresión simple (N)
- $A_n$  = área neta del ejemplar ( $mm^2$ )

##### D.4.2 Resistencia a la compresión simple del área bruta:

Resistencia a la compresión simple del área bruta,  $R_g$ , (MPa) =  $P_{max}/A_g$

Dónde:

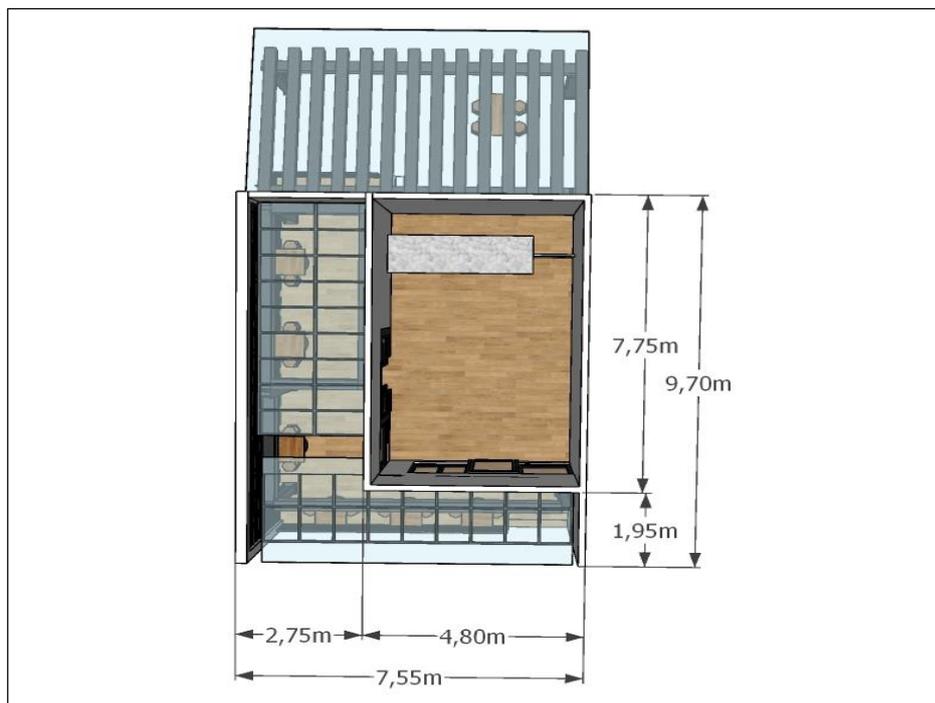
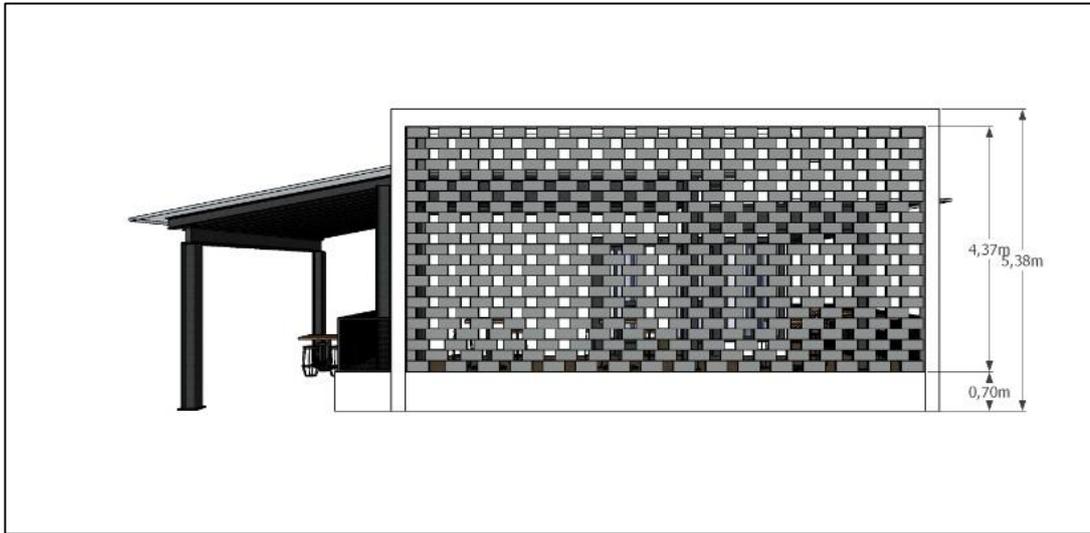
- $P_{max}$  = carga máxima a la compresión simple (N)
- $A_g$  = área bruta del ejemplar ( $mm^2$ )

**Anexo 2. Ensayos de bloques con materiales pulverizados y enteros.**

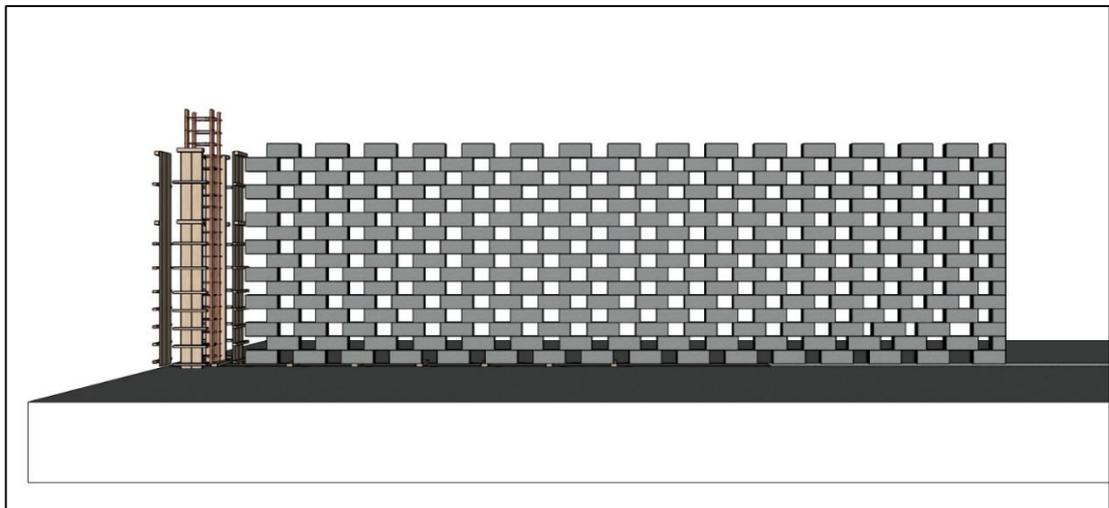
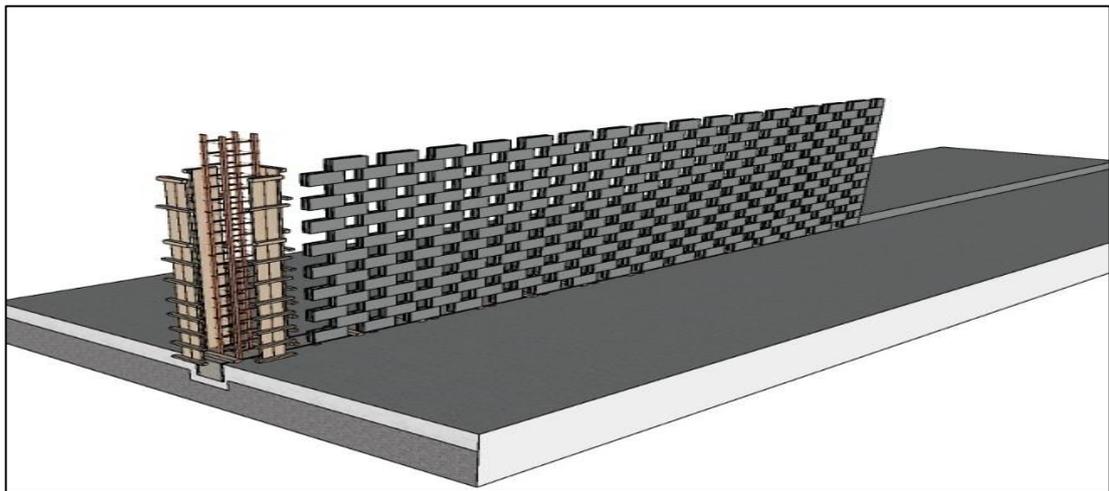
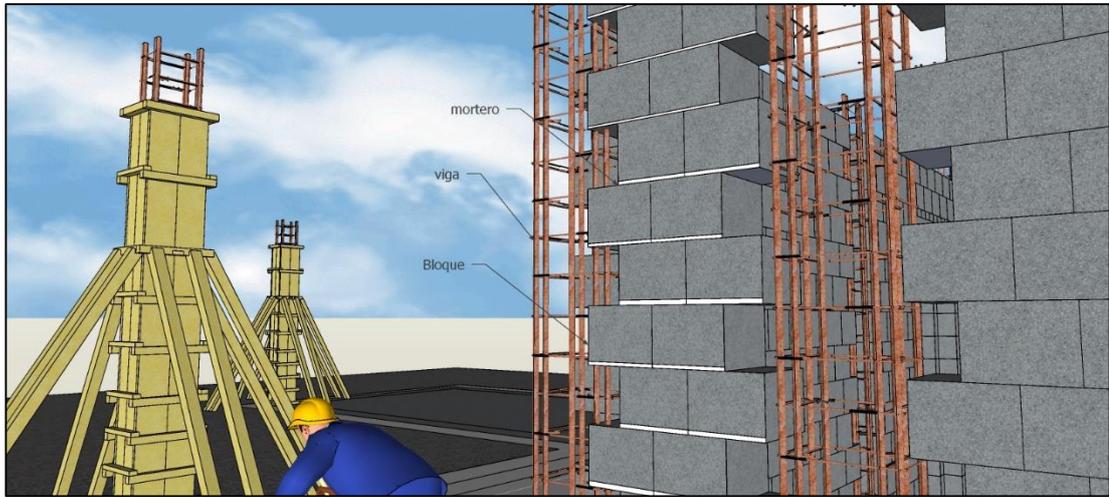
ENSAYOS DE BLOQUES CON MATERIALES PULVERIZADOS													
	Ensayo	l (m)	a (m)	h (m)	Volumen (m3)	Mr (Kg)	Ms (Kg)	Md (Kg)	Mi (Kg)	Densidad (kg/m3)	Absorción	Humedad	MPa
A+PETI	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,446	5,595	4,128	5,600	-82560	36	90	2,8
	2					4,893	6,371	4,650	6,265	4387	37	14	2,5
	3					5,641	4,251	4,753	5,000	-634,6	-11	-177	2,4
	4					5,066	5,087	5,017	5,100	-38592	1,4	70	2,7
	5					5,043	5,022	4,328	5,422	-1082	16	103	1,4
	6					6,181	7,061	5,561	6,801	2139	27	41	1,5
	7					6,552	7,333	6,553	7,205	5120	12	-0,1	2,9
	8					5,934	6,732	5,256	6,603	4074	28	46	2,3
	9					5,997	6,856	5,312	6,742	4660	29	44	1,2
M+PETI	1	0,39	0,09	0,19	0,01	4,897	5,880	4,214	4,215	253,1	40	41	1,45
	2					4,664	5,772	4,383	5,840	-6446	32	20	1,58
	3					4,572	5,567	4,341	5,423	3015	28	19	1,36
	4					6,543	6,523	5,462	6,541	-30344	19	102	1,50
	5					6,744	6,743	5,153	5,431	392,8	31	100	2,30
	6					6,122	6,520	5,612	5,541	573,2	16	56	1,20
	7					7,173	7,184	6,201	2,114	122,3	16	99	1,57
	8					6,531	7,335	6,301	7,201	4702	16	22	1,30
	9					5,870	6,770	5,250	6,670	5250	29	41	2,31
B+PETI	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,185	6,364	4,836	6,314	9672	32	23	1,21
	2					5,053	6,117	4,674	6,254	-3412	31	26	2,29
	3					4,524	5,821	4,831	6,321	-966,2	20	-31	1,34
	4					6,614	6,551	5,255	5,190	386,1	25	105	2,72
	5					6,374	6,525	5,125	4,790	295,4	27	89	1,19
	6					7,001	6,015	6,025	5,054	627,0	-0,2	-9760	1,92
	7					4,421	3,033	2,541	7,011	-63,88	19	382	2,92
	8					2,000	2,012	3,201	3,019	-317,9	-37	101	3,41
	9					4,017	4,330	5,017	5,0210	-10,94	-14	146	2,38
M+BI	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,193	5,898	4,255	5,855	9895	39	57	2,21
	2					5,226	6,141	4,463	6,227	-5190	38	45	1,20
	3					5,411	5,251	4,374	4,311	465,3	20	118	2,28
	4					2,004	3,003	3,024	3,225	-1362	-0,7	4857	2,72
	5					3,120	4,000	4,012	3,089	440,4	-0,3	7433	1,21
	6					4,013	4,200	4,020	3,098	364,8	4,5	-3,9	1,29
	7					3,033	2,762	3,024	2,015	404,8	-8,7	-3,4	2,92
	8					4,524	5,821	4,831	6,321	-966,2	20	-31	2,50
	9					2,054	3,023	2,094	3,212	-1108	44	-4,3	2,46
M+AI	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,157	5,661	4,181	5,663	-209050	35	66	1,45
	2					5,077	5,480	4,324	5,542	-6974	27	65	2,39
	3					4,541	4,065	4,589	4,532	-982,7	-11	9,2	2,51
	4					2,012	3,015	3,651	3,013	182550	-17	258	1,50
	5					2,121	3,000	3,023	2,012	306,0	-0,8	3922	1,25
	6					3,033	4,000	3,990	3,086	436,5	0,3	-9570	1,29
	7					7,295	7,835	6,850	7,700	5074	14	45	2,57
	8					6,600	7,440	6,700	7,640	-3350	11	-14	2,43
	9					6,880	7,795	6,600	7,785	66000	18	23	1,37
A+BI	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,548	6,316	4,790	6,281	13686	32	50	2,98
	2					5,299	6,165	4,812	6,231	-7291	28	36	2,64
	3					4,752	5,311	4,756	5,200	4285	12	-0,7	2,48
	4					2,013	3,015	2,543	3,000	16953	19	-112	3,14
	5					3,500	2,152	2,023	3,001	-238,3	6,4	1145	2,39
	6					5,000	5,013	4,033	4,001	398,5	24	99	1,32
	7					6,109	5,874	6,006	5,025	707,4	-2	-8,74	4,27
	8					5,543	4,135	5,264	4,156	-25067	-21	-25	1,29
	9					7,760	7,640	8,760	8,175	-1637	-13	89	2,29
M+A+B+PETI	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,134	5,560	4,276	5,628	-6288	30	67	2,00
	2					5,006	5,724	4,535	5,854	-3488	26	40	1,60
	3					5,732	4,742	5,783	5,325	-991,9	-18	4,9	1,70
	4					2,987	3,812	2,014	3,013	252,1	89	54	2,04
	5					7,000	6,592	6,002	6,013	1037	10	169	2,38
	6					2,018	3,125	2,015	3,016	1849	55	0,3	2,30
	7					7,014	6,016	7,013	6,000	43831	-14	-0,1	2,92
	8					9,195	9,500	8,145	8,000	543,0	17	77	2,15
	9					6,012	5,016	5,000	6,145	-442,9	0,3	6325	1,98
M+A+BI	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,030	6,360	4,587	6,485	-3670	39	25	2,15
	2					4,996	6,352	5,157	6,482	-3967	23	-13	2,12
	3					4,642	5,241	4,251	5,015	1881	23	39	1,38
	4					3,925	3,930	2,855	2,465	194,9	38	100	2,07
	5					5,961	4,945	5,863	6,311	-429,2	-16	-11	1,34
	6					2,965	3,295	3,805	2,795	761,0	-13	165	1,15
	7					4,015	5,002	4,024	5,012	-40240	24	-0,9	2,86
	8					6,043	5,975	6,013	5,913	9698	-0,6	-79	2,64
	9					2,462	3,074	3,055	2,001	284,7	0,6	-3121	2,84

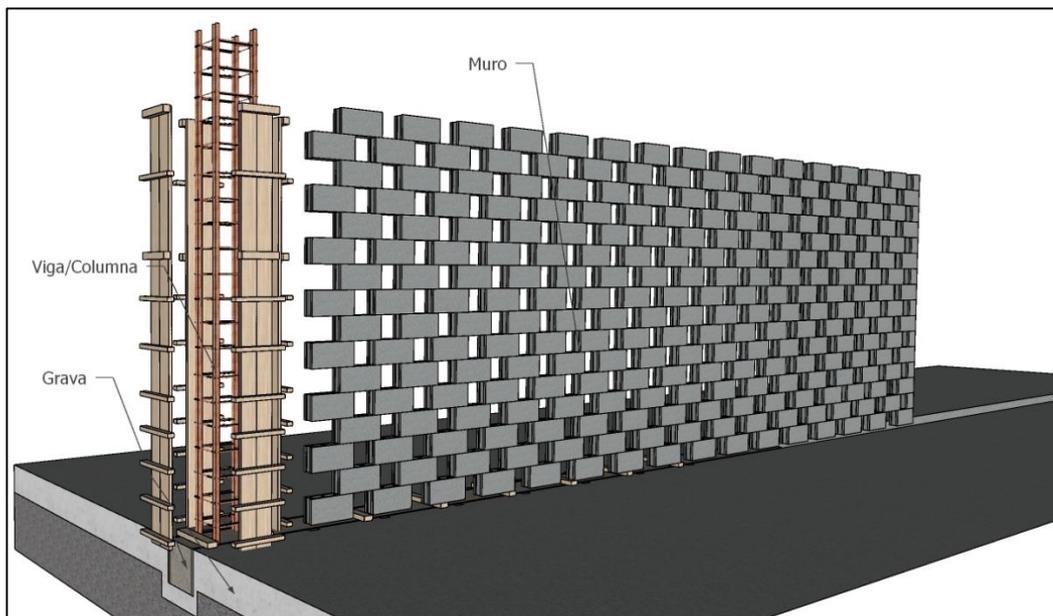
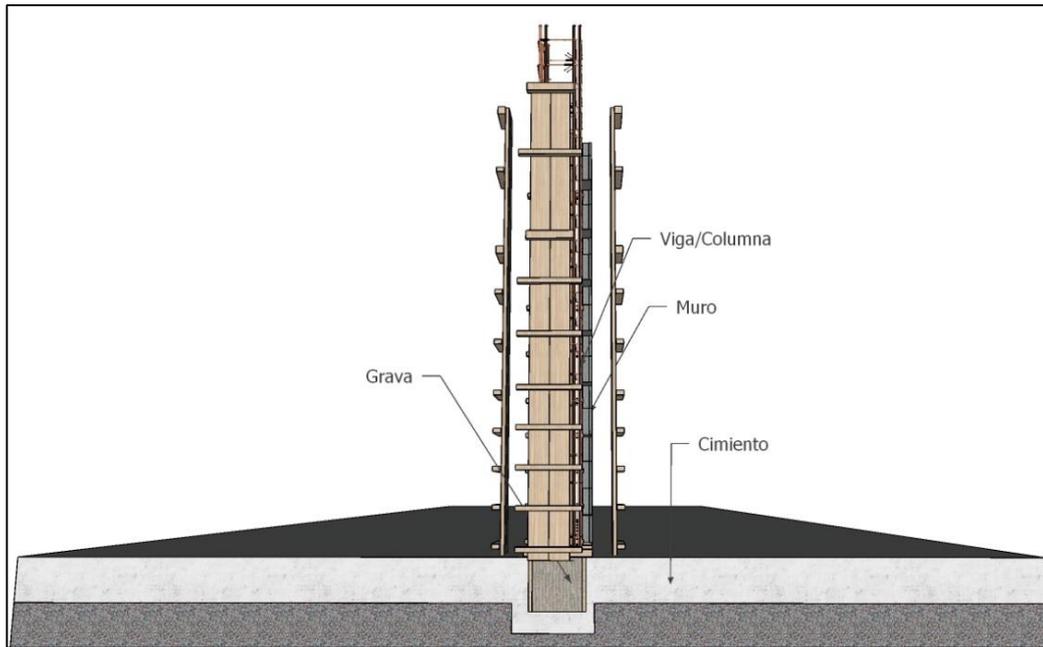
ENSAYOS DE BLOQUES CON MATERIALES ENTEROS													
	Ensayo	l (m)	a (m)	h (m)	Volumen (m3)	Mr (Kg)	Ms (Kg)	Md (Kg)	Mi (Kg)	Densidad (kg/m3)	Absorción	Humedad	MPa
						A+PET4	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,118	6,432
2	5,239	6,497	4,768	6,556	-8081	36	27					1,38	
3	4,251	5,211	4,721	4,041	404	10	-96					1,62	
4	4,083	3,065	3,540	4,321	-282	-13	-114					1,32	
5	3,025	4,021	3,043	4,210	-1610	32	-1,8					1,52	
6	4,054	5,000	4,012	4,000	401	25	4,3					2,32	
7	3,054	4,123	4,000	3,012	360	3,1	-769					1,45	
8	4,044	3,844	4,012	3,012	482	-4,2	-19					1,32	
9	6,002	5,029	5,603	6,055	-546	-10	-70					1,41	
M+PET4	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,115	6,216	4,875	6,129	5603	28	18	2,15
2	5,118					5,809	4,255	5,706	4131	37	56	1,67	
3	4,254					4,386	5,435	4,896	-1066	-19	113	2,08	
4	6,459					5,983	5,014	6,013	-16713	19	149	2,84	
5	7,012					6,015	6,943	7,001	-704,2	-13	-7,4	2,32	
6	3,021					4,126	3,621	4,012	3176	14	-119	1,40	
7	6,356					7,014	6,528	7,001	50215	7,4	-35	2,92	
8	4,953					5,235	4,034	5,245	-40340	30	77	2,23	
9	5,345					5,024	4,935	4,013	488,1	1,8	461	2,16	
B+PET4	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,185	6,364	4,836	6,314	9672	32	23	1,45
2	5,281					6,341	4,721	6,101	1967	34	35	1,73	
3	4,524					5,821	4,831	6,321	-966,2	20	-31	1,62	
4	5,023					5,000	5,221	6,000	-522,1	-4,2	90	1,50	
5	7,024					7,135	6,872	6,012	611,9	3,8	58	1,36	
6	4,023					5,824	4,013	5,001	487,6	45	0,6	1,41	
7	6,094					5,983	6,012	6,014	-19394	0	-283	1,57	
8	7,673					6,121	7,421	6,221	-7421	-18	-19	1,50	
9	7,445					7,985	2,900	7,955	9667	175	89	1,18	
M+B4	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,483	6,400	5,215	6,396	130375	23	23	4,27
2	5,468					6,497	4,989	6,384	4415	30	32	2,68	
3	4,732					4,235	5,521	4,832	-924,8	-23	61	2,89	
4	7,032					7,001	6,842	6,505	1379	2,3	119	2,92	
5	7,240					7,990	6,800	7,965	27200	18	37	3,19	
6	5,756					6,862	5,099	5,002	274,1	35	37	2,93	
7	5,995					6,790	6,300	6,695	6632	7,8	-62	1,57	
8	7,385					7,700	7,620	6,983	1063	1,0	-294	2,78	
9	6,600					7,440	6,700	7,640	-3350	11	-14	3,31	
M+A4	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,554	6,395	4,886	6,289	4609	31	44	4,27
2	5,474					5,734	4,404	5,629	4194	30	80	3,21	
3	5,043					4,201	5,436	4,089	4854	-23	32	3,45	
4	4,732					5,756	4,832	5,215	893,2	19	-11	4,27	
5	7,610					9,265	7,100	8,620	1101	30	24	2,97	
6	3,151					8,845	7,875	7,655	661,8	12	-487	3,35	
7	8,495					8,650	7,450	9,260	-1221	16	87	4,28	
8	5,013					6,234	5,342	5,023	441,1	17	-37	3,47	
9	2,003					3,543	3,211	2,051	215,2	10	-364	3,45	
A+B4	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,334	6,364	4,805	6,251	4252	32	34	5,73
2	5,502					6,531	5,283	6,429	5179	24	18	4,10	
3	4,532					5,325	4,125	5,871	-755,5	29	34	5,19	
4	6,093					5,932	5,021	6,004	-6974	18	118	5,83	
5	4,087					5,083	5,763	4,076	572,3	-12	246	4,81	
6	6,873					6,332	5,055	6,140	2633	25	142	5,24	
7	2,004					2,998	3,890	2,822	2210	-23	211	5,83	
8	6,087					5,078	6,083	5,000	7799	-17	-0,4	4,75	
9	4,088					5,091	4,233	5,033	7298	20	-17	4,27	
M+A+B+PET4	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,866	6,524	5,641	6,643	-4740	16	25	5,73
2	5,548					6,658	5,119	6,706	-10665	30	28	4,65	
3	5,042					5,041	4,871	4,251	616,6	3,5	101	4,72	
4	4,092					5,082	5,032	4,023	475,2	1,0	-1880	5,61	
5	2,083					3,099	2,823	3,012	3245	10	-268	4,64	
6	6,082					5,082	6,321	5,231	-4242	-20	19	4,73	
7	7,093					6,232	7,234	6,023	3461	-14	14	5,61	
8	5,883					6,092	5,232	6,032	8720	16	76	3,92	
9	5,098					6,002	5,034	6,001	503400	19	6,6	3,47	
M+A+B4	1	0,39	0,09	0,19	0,01	5,085	5,750	4,825	5,809	-8178	19	28	5,78
2	4,273					5,509	3,990	5,620	-3595	38	19	4,73	
3	7,093					6,002	6,045	6,022	-30225	-0,7	-2437	3,81	
4	5,843					6,200	5,044	5,012	424,5	23	69	5,78	
5	7,040					6,033	7,003	7,120	-644,3	-14	-3,8	4,27	
6	2,004					3,002	2,997	2,884	2540	0,2	-19860	3,35	
7	7,983					5,084	7,932	5,003	9793	-36	-1,8	5,83	
8	5,034					6,093	6,245	5,024	584,2	-2,4	797	3,64	
9	7,009					6,994	6,212	7,322	-1894	13	102	3,19	

**Anexo 3.** Bloque con material reciclado en fachada de local y planta arquitectónica.



#### Anexo 4. Bloque con material reciclado en instalación de pared





**Anexo 5.** Evidencia fotográfica, obtención de los materiales, pre-lavados y bloques.









