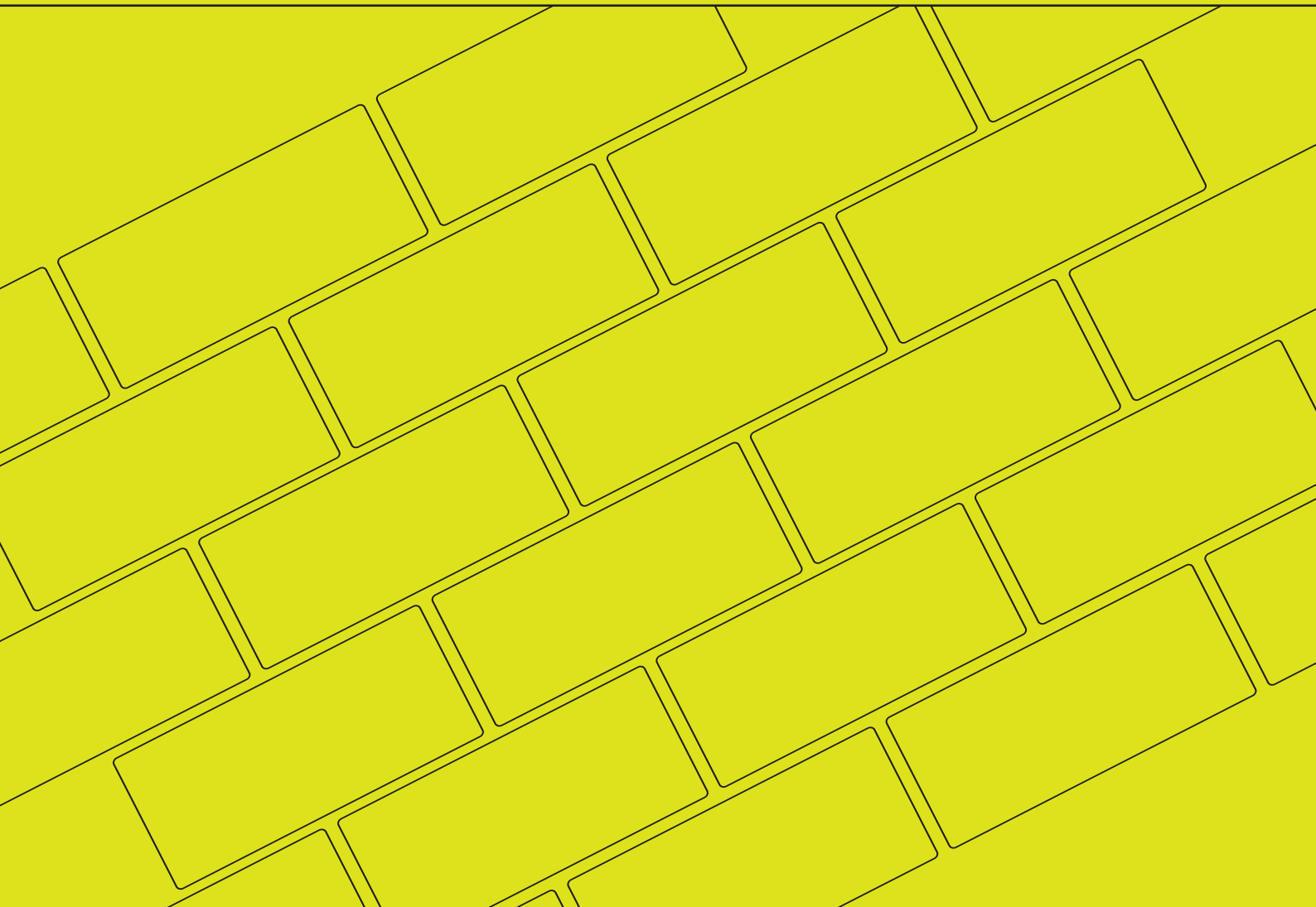


Análisis de un bloque aligerado
con cascarilla de arroz triturada
para mampostería reforzada

EL BLOQUE DE UNA NUEVA ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL
MICHELLE CAROLINA PERALTA GODOY
TUTORA: PHD. CARMEN TERREROS
JULIO, 2016





EL ENTORNO ES ORIGEN Y FIN DE LA ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO
Facultad de Arquitectura e Ingeniería civil

TEMA:

**ANÁLISIS DE UN BLOQUE ALIGERADO CON CASCARILLA DE ARROZ
TRITURADA PARA MAMPOSTERÍA REFORZADA**

TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO CON CONCENTRACIÓN EN
CONSTRUCCIÓN

ALUMNA: MICHELLE PERALTA GODOY

TUTORA: PhD. CARMEN TERREROS

SAMBORONDÓN, JULIO 2016

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este proyecto a Dios, que me ha permitido cumplir una meta más en la vida y ha puesto a las personas idóneas para que me acompañen en este camino, a esas personas que más quiero.

A mis padres, Francisco y Leticia, por siempre querer entregar todo por sus hijos, por su apoyo y aliento en todo momento, en especial en el transcurso de mis estudios universitarios, jamás alcanzaré a agradecerles todo lo que me han dado y enseñado en esta vida. Les dedico no solo la culminación de esta etapa sino el comienzo de una nueva, esto es un logro que, a través de mí, es totalmente suyo. Gracias por mostrarme que todo es posible de la mano de Dios.

A mis hermanos María José y Jorge, por su apoyo, por ser mis compañeros de vida y por brindarme esa amistad incondicional de hermanos. Por saber que puedo contar con ustedes en donde quiera que estén.

A mi enamorado Antonio, por ser siempre el mejor amigo y mi compañero, quien me alentó en todo momento durante el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos, quienes han sabido contagiarme siempre de alegría y su presencia en mi vida es fundamental.

AGRADECIMIENTO

Agradezco este trabajo de titulación, a mi tutora, la Ing. Carmen Terreros por guiarme y enseñarme durante la realización de este trabajo; por su amabilidad y su amistad.

A la Arq. Lourdes Menoscal, por su colaboración durante mi carrera.

Al Ing. Urbano Caicedo, Director de Ingeniería Civil, por su ayuda y enseñanzas en la corrección del presente trabajo y por su amabilidad.

Al Sr. Franklin Barros por su colaboración a la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil. Por estar siempre dispuesto a ayudar a los estudiantes.

A Lolita Ramos, Asistente de la Facultad de Arquitectura, por su cariño, apoyo y ayuda.

A todos los que son parte de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo por los estudios y las facilidades brindadas para el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 OBJETIVOS	9
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.3 HIPÓTESIS	9
1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL	9
1.3.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	9
1.3.3 CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES	9
1.4 JUSTIFICACIÓN	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1 ANTECEDENTES	13
2.1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA CASCARILLA DE ARROZ	13
2.1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	16
2.2 LA CULTURA DEL RECICLAJE EN EL MUNDO ARQUITECTÓNICO	18
2.2.1 LA PROBLEMÁTICA DE LA ARQUITECTURA Y SU ENTORNO	19
2.2.2 ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN	21
2.2.3 CASOS ANÁLOGOS	22
2.3 ARROZ COMO MATERIA PRIMA: IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO	29

3.11 EXPERIMENTO	62
3.11.1 PLANTEAMIENTO INICIAL	62
3.11.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN.....	62
3.11.3 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE FLEXIÓN.....	67
3.11.4 ELABORACIÓN DE BLOQUES.....	70
3.12 CRONOGRAMA DEL EXPERIMENTO.....	74
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	75
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	83
4.2 CONCLUSIONES	85
4.3 RECOMENDACIONES PARA POSTERIORES EXPERIMENTOS A PARTIR DE ESTE ESTUDIO	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de ciudad sostenible	21
Figura 2. Vista de la residencia Jewel Box	22
Figura 3. Vista frontal de la residencia Jewel Box	23
Figura 4. Detalles de la residencia Jewel Box	23
Figura 5. Vista lateral de La casa de los vientos	24
Figura 6. Vista interior de La casa de los vientos	25
Figura 7. Vista terraza de La casa de los vientos.....	25
Figura 8. Planta primer nivel de La casa de los vientos.....	26
Figura 9. Planta segundo nivel de La casa de los vientos	26
Figura 10. Casas modernas, económicas	27
Figura 11. Paredes entre postes de palmera	28
Figura 12. Muros exteriores con excelente terminación.....	28
Figura 13. Aspecto de la cascarilla de arroz.....	33
Figura 14. Superficie exterior de la cascarilla vista al microscopio (X 500) ..34	
Figura 15. Superficie interior de la cascarilla vista al microscopio (X 500) ..34	
Figura 16. Cascarilla de arroz unida por un extremo	35
Figura 17. Partes del bloque de concreto	38
Figura 18. Bloque de tabiques recortados	38
Figura 19. Diseño modular de bloques	41
Figura 20. Instalaciones interiores.....	42
Figura 21. Anclaje de las barras de refuerzo	44
Figura 22. Colocación de la primera fila de bloques	44
Figura 23. Medición en guías verticales.....	45
Figura 24. Traslapo de los refuerzos para continuación de pared sobre losa	45
Figura 25. Inyección de celdas con embudo (izquierda) y con bomba (derecha)	46
Figura 26. Clasificación de los hormigones livianos	48
Figura 27. Curva granulométrica	58
Figura 28. Superficie exterior (izq.) y superficie interior (der.) de la cáscara de arroz a 300 μm	59
Figura 29. Cáscara de arroz sin moler (izq.) y cáscara molida (der.).....	59

Figura 30. Aspecto de la cascarilla de arroz triturada	60
Figura 31. Proceso de trituración de la cascarilla de arroz.....	63
Figura 32. Proceso de mezcla de materiales.....	64
Figura 33. Colocación de muestra en moldes y compactación	65
Figura 34. Material en moldes cúbicos de 5 cm	65
Figura 35. Muestras en etapa de fraguado	66
Figura 36. Muestra siendo pesada en la balanza eléctrica	66
Figura 37. Equipo digital para pruebas de compresión	67
Figura 38. Colocación de muestra en molde de viguetas	68
Figura 39. Vigueta durante la prueba de flexión	68
Figura 40. Ejemplo de colocación de los apoyos	69
Figura 41. Tensiones en una viga rectangular	69
Figura 42. Medidas del bloque.....	70
Figura 43. Ejemplo de bloque ecológico	70
Figura 44. Serie modular de 30	71
Figura 45. Proporcionalidad de las dimensiones del bloque.....	72
Figura 46. Colocación y compactación de muestra en el molde del bloque.....	72
Figura 47. Muestras de bloques.....	73
Figura 48. Bloque ecológico durante prueba de compresión	73
Figura 49. Resistencia a compresión en función del % peso de cascarilla de arroz.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de superficie sembrada, superficie cosechada, producción y rendimiento del arroz a nivel nacional del año 2000 al 2012	6
Tabla 2 Estudio edafológico del cultivo de arroz en el Ecuador	36
Tabla 3 Análisis granulométrico de la arena	57
Tabla 4 Dosificación de morteros en peso	61
Tabla 5 Tabla de actividades de revisión y análisis.....	74
Tabla 6 Tabla de cálculos y resultados de las muestras en cubos	77
Tabla 7 Tabla de cálculos y resultados de las muestras en cubos	78
Tabla 8 Tabla de cálculos y resultados de las viguetas a flexión.....	80
Tabla 9 Tabla de cálculos y resultados del bloque de 14 x 7 x 29 cm con la proporción B.....	82
Tabla 10 Resistencia a la compresión para unidades de mampostería según sus requisitos estructurales	82
Tabla 11 Cantidad de material para un bloque ecológico con la Proporción B	83
Tabla 12 Cuadro de costo de material para un bloque ecológico	83

ÍNDICE ANEXOS

ANEXO A Requerimientos edafológicos y climáticos del arroz, maíz duro y caña de azúcar.....	94
ANEXO B Registro fotográfico de la piladora "Las Marías"	95
ANEXO C Instrumentos utilizados para desarrollar el experimento.....	98
ANEXO D Registro fotográfico de las muestras después de la prueba a compresión	100
ANEXO E Registro fotográfico de las muestras en la prueba de flexión ...	102

RESUMEN

Durante muchos años, las necesidades económicas y ecológico-ambientales han requerido la investigación de nuevas alternativas para la construcción en sus distintas etapas. Para el propósito de este estudio, se tomó en cuenta la cascarilla de arroz triturada como nuevo elemento en la elaboración de bloques para mampostería reforzada, de manera que reduzcan los costos de obra y que resulten eco-amigables para la producción masiva.

Para ello, se probará con diferentes proporciones de la cascarilla de arroz triturada en la mezcla, para experimentar y probar a cada uno de ellos en cuanto a composición, resistencia y durabilidad, de manera que concluyamos en la disponibilidad o no de su uso para diferentes alternativas en construcciones.

Palabras clave: construcción, cascarilla de arroz, bloque, mampostería reforzada.

ABSTRACT

For many years, the economical and environmental needs had required deep investigation about new alternatives for architecture and construction in different aspects. For this project, the chosen material was the rice husk as a new element in order to elaborate blocks for reinforced masonry, with the objective of decreasing production and construction costs and increasing the "ecofriendly" benefits in massive production.

To achieve it, different proportions of crushed rice husk will be tested and used in experimentation, in order to define its composition characteristics, its resistance and durability. This will tell if it is suitable as an alternative and ecological solution for the construction industry demand.

Keywords: *construction, rice husk, block, reinforced masonry.*

INTRODUCCIÓN

Innovar es encontrar nuevas formas de solucionar problemas cotidianos. En nuestro siglo, la necesidad de encontrar vías para mejorar la calidad de vida y los procesos para llegar a nuevos descubrimientos es particularmente fuerte. Es un siglo marcado por la disponibilidad de tecnología antes escasa y fuera del alcance de muchas sociedades. Es un siglo en donde la información se encuentra a la mano y el intercambio de conocimientos es una realidad alcanzada. Por eso en este siglo, se da aquella búsqueda de métodos alternativos, simplificar los existentes y pensar fuera de lo común para el bien de las personas, las sociedades y el planeta.

Hay que destacar que la arquitectura es una disciplina privilegiadamente avanzada en este aspecto. Abundan las investigaciones científicas y metodológicas en los campos de materiales, métodos y tendencias de diseño y construcción; todas con el fin de proveer nuevas oportunidades de utilizar la arquitectura al servicio de las personas y el mejoramiento del ecosistema. Sin embargo, hay un extenso camino por recorrer en formas novedosas de usar la arquitectura tomando recursos de la naturaleza para el bien de ella misma, así como de factores económicos, políticos y sociales.

Dentro de este camino de innovación, se encuentra la búsqueda de juntar mundos, industrias, ideas. La investigación en optimización de materiales de construcción en vistas al uso responsable y eficiente del medio ambiente y de los resultados económicos es un punto de mira muy importante en la labor arquitectónica. Frecuentemente los arquitectos miran en la agricultura, la ganadería, la metalurgia, la alfarería y otras ramas del manejo de materia prima, posibilidades para soluciones arquitectónicas funcionales y efectivas para el ser humano. A fin de cuentas, la arquitectura crea en torno al hombre, sus necesidades y su bienestar.

Así pues, el presente trabajo explora esas posibilidades. En este caso busca dentro del ámbito de la agricultura para experimentar y estudiar un material que bien puede beneficiar al medio ambiente, a los costos de producción y entrega final de obra, como a los aportes sociales en cuanto a investigación referencial para futuros estudios. Este proyecto analiza el funcionamiento de la cáscara de arroz como material alternativo para la producción de bloques de construcción con el objetivo de proporcionar un método distinto y resistente para construir, el uso económico de un material descartado por la industria agrícola, y promoción del cuidado del ecosistema.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para describir el problema, es importante conocer que gran cantidad de desechos industriales no son correctamente tratados, lo cual aumenta la contaminación cada vez que estos son eliminados, ya sea en forma de incineración o desecho sólido. Al mismo tiempo, "se trata de una situación compleja para la mayor parte del mundo por dos razones fundamentales: el aumento en la producción y al surgimiento de leyes ambientales más estrictas. Por ello, surge la necesidad de conversión de los mismos en un producto útil y de mayor valor agregado" (Jurado, y otros, 2003, pág. 1118).

Así pues, una gestión ambiental adecuada de los residuos o subproductos industriales ayuda a eliminar el impacto ambiental que producen. Existen varios proyectos que se han desarrollado basados en este concepto, por ejemplo: la construcción de viviendas reusando botellas plásticas, la producción de energía renovable (biogás combustible) con residuos agroindustriales sólidos y semi-líquidos, etc.

El impacto ambiental y los altos costos que generan las construcciones obligan a buscar nuevos métodos de construcción. De hecho, se conoce la existencia de productos que podrían igualar o mejorar la resistencia de los materiales que se usan actualmente. "El uso de una tecnología apropiada y un buen diseño del producto pueden ayudar a obtener más beneficios económicos y al mismo tiempo proteger la salud de las personas y del medio ambiente" (Dhir, 2003, pág. 3).

En cuanto a la arquitectura, es importante que además de buscar soluciones creativas en el diseño de volúmenes y espacios, se busquen con igual ímpetu soluciones para el desarrollo de mejores materiales y técnicas de construcción que no afecten la salud y al medio ambiente; ya que tiene como objetivo satisfacer las necesidades del ser humano, es decir, su bienestar. Es deber de un arquitecto ser coherente con la finalidad más esencial de su profesión.

La arquitectura, por definición, es al mismo tiempo arte y técnica de la construcción de estructuras siendo estos espacios o edificaciones. La parte técnica de la arquitectura, implica el uso de procedimientos y recursos adecuados para la materia. Entonces una verdadera aplicación de esta disciplina tendrá en cuenta la selección, uso y consecuencias de los elementos empleados en la construcción, considerando equilibrio y bienestar del entorno en que se desenvuelve. Cabe aclarar que este mencionado bienestar se refiere no solo en el terreno en el que se desarrolla un proyecto determinado si no tomando en cuenta sus repercusiones en su entorno.

Por otro lado, en el mundo industrial, los materiales “que ya no son de utilidad para el proceso que los generó, pueden ser susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social” (Saval, 2012, pág. 15). Una gran meta es la de conseguir que dicho aprovechamiento sea una ayuda para el mundo arquitectónico al utilizar los residuos o subproductos que normalmente son arrojados.

Otro punto importante es que el uso de ciertos materiales y métodos en la construcción de las edificaciones “dependen del lugar donde se construye, donde también se incluyen aspectos de costos, durabilidad y eficiencia energética” (Marten, 2014). Por lo tanto, la investigación de nuevos materiales debe seguir el mismo pensamiento; dependiendo de la mayor producción de un sector de ahí se podrá concluir qué productos o subproductos se podrían aprovechar para investigación y desarrollo de útiles más eficientes.

Según Ormazá, “el arroz es el cultivo más extenso del Ecuador; ya que ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país” (Delgado Ormazá, 2011, pág. 1). Esto se debe a varias razones, entre ellas dónde se encuentra, su privilegiado potencial agropecuario, entre otras; logrando destacarse como “un producto agrícola importante debido a que consiste en uno de los suplementos alimenticios favoritos por volumen y precio en la alimentación del pueblo” (Echeverría Cruz & López Mena, 2010, pág. 2). Por lo tanto, es de gran

importancia la investigación de los desperdicios que genera la producción del mismo, en este caso, la cascarilla de arroz.

Naturalmente, la producción de arroz en el Ecuador ha tenido notable aumento desde el año 2000 al 2012, según estadísticas registradas por el Ministerio de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca (ver **Tabla 1**). En el año 2012 se tuvo una producción de 1'565,535 toneladas métricas. Además, hay registradas 1066 piladoras la mayoría se encuentran en las provincias del Guayas y Los Ríos.

Tabla 1

Tabla de superficie sembrada, superficie cosechada, producción y rendimiento del arroz a nivel nacional del año 2000 al 2012

Año	Provincia	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento
2000	Nacional	349,726	338,653	971,806	2.87
2001	Nacional	355,223	36,407	1,018,696	2.94
2002	Nacional	358,650	352,145	1,063,620	3.02
2003	Nacional	343,240	332,837	908,113	2.73
2004	Nacional	358,094	348,32	950,357	2.73
2005	Nacional	380,254	365,044	1,109,508	3.04
2006	Nacional	402,345	374,181	1,254,269	3.35
2007	Nacional	385,872	355,002	1,134,633	3.20
2008	Nacional	365,000	338,270	1,054,787	3.12
2009	Nacional	380,345	361,328	1,098,516	3.04
2010	Nacional	414,149	393,137	1,706,193	4.34
2011	Nacional	378,643	329,957	1,477,941	4.48
2012	Nacional	411,459	371,17	1,565,535	4.22

Nota: Información tomada del MAGAP (2015).

Unidades: Superficie cosechada, Superficie sembrada (Hectáreas)

Producción (Tonelada métricas)

Rendimiento (Toneladas métricas/Hectáreas)

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, el fructífero desarrollo de la industria arrocera implica al mismo tiempo un crecimiento de los desperdicios de los elementos no utilizados del arroz: entre ellas su cascarilla. Este residuo que oscila entre

2.944 y 3.563 mg dependiendo del tipo de este cereal, puede llegar a significar varias toneladas métricas según estudios realizados por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Acero & Rodríguez, 2015). Esta considerable cantidad puede tener distintos destinos: ser quemada en las piladoras, ser acumulada en los bordes de las carreteras o arrojadas a los ríos.

Así pues, es un problema que se extiende incluso fuera del sector de la agricultura y afecta a otras industrias y mercados. En realidad, la cascarilla representa materia prima que puede ser aprovechada aportando a la economía, el ecosistema y el desarrollo científico de una industria determinada. Y este es un tema ya conocido en el medio: "El problema representa más de 600 toneladas que cada año quedan como desperdicio en las piladoras de arroz del cantón Samborondón tras la extracción de la gramínea" (Diario El Universo, 2009).

En efecto, se puede ver que no es la primera vez que se realizan estudios de la cascarilla de arroz. Se ha considerado en usarla para producción de energía eléctrica y combustible, al igual que para otros elementos en la construcción como es el caso de la producción de tableros aglomerados.

Otro ejemplo, a una escala nacional, se evidencia en que Holcim reportó que en el 2014 se utilizaron 23,373.09 toneladas de cascarilla de arroz con el objetivo de reemplazar el combustible tradicional para hornos (pet coque) por la biomasa (Holcim Ecuador S.A., 2014). Esto da una idea de las oportunidades que brinda este material en distintos campos de la ingeniería y de la arquitectura.

Según lo mencionado por el Diario El Universo (2009):

Quemarla no es la solución, porque significa, aparte del costo económico, la emisión masiva de contaminantes al ambiente. Arrojarla al río tampoco, porque además de aumentar la sedimentación bloquea los canales de riego, y utilizarla como

abono mucho menos, ya que arruina los terrenos de cultivos porque contiene gran cantidad de químicos y fertilizante. (pág. Ecología)

De esta manera, sin importar la industria en la que se use la cascarilla de arroz, el objetivo es el mismo: encontrar en las vías tradicionales y en nuevas posibilidades el aprovechamiento de una materia prima con propiedades sumamente útiles. Se trata de lograr al mismo tiempo erradicar un masivo impacto contaminante, y una ocasión de beneficiarse del producto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la viabilidad del bloque aligerado con cascarilla de arroz triturada para mampostería reforzada.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la estructura de la cascarilla de arroz triturada como posible material alternativo para la elaboración de bloques de construcción.
- Observar el comportamiento y rendimiento de la cascarilla de arroz triturada en la elaboración de bloques para construcción.
- Determinar la composición, proporción y capacidad de resistencia adecuados para el bloque aligerado con cascarilla de arroz triturada.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

La cascarilla de arroz triturada tiene factibilidad técnica, económica y ecológica en la elaboración de un bloque aligerado.

1.3.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente: La cascarilla de arroz triturada.

Variable Dependiente: La factibilidad técnica, económica y ecológica en la elaboración de un bloque aligerado.

1.3.3 CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES

Cascarilla de arroz: Es un subproducto de la industria agrícola y molinera, resultante de la cosecha arroceras en muchos países, ofreciendo características apropiadas para su utilización como sustrato hidropónico (Sáenz, 2002).

Bloque aligerado: Bloque alivianado por la combinación con un elemento menos denso que permite una mezcla más ligera para propósitos de construcción.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En el campo arquitectónico, la cascarilla de arroz ha sido objeto de estudio y de experimentación debido a su composición, estructura y comportamiento en el rol de material de construcción. De hallar una respuesta positiva en la reacción de la cascarilla triturada, se daría paso a su introducción en distintos procesos en el área de la construcción; sin mencionar el impacto implícito en la conservación del medio ambiente.

Por lo tanto, el presente trabajo propone mejorar el bloque para construcción con el uso del principal subproducto de la industrialización del arroz, la cascarilla, siendo sometida a un proceso de trituración. Busca también determinar la viabilidad en el uso de material agroindustrial al reemplazar productos habituales que son los que representan costos elevados en la producción de elementos para la construcción.

De esta forma se podrá ver si la cascarilla de arroz es un material que se puede usar en la producción de los bloques de construcción. Para conseguirlo, es necesario someterlo a experimentos de compresión y observar su comportamiento para poder comparar los resultados con respecto al bloque comúnmente usado y consigo mismo en distintas proporciones. La mencionada experimentación se realizará en el laboratorio de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo (UEES).

En efecto, este proyecto de investigación ayudará a profundizar el conocimiento sobre la composición de la cascarilla para la construcción como un material óptimo para su uso. Es relevante para el campo teórico contar con estudios que expliquen y justifiquen la validez de la cascarilla desde su estructura y propiedades.

Por otro lado, la aplicación práctica es un objetivo fundamental del estudio. Por ello, se plantea comprobar la utilidad y viabilidad de la

cascarilla como material sustituto de gran rendimiento y resistencia y así generar una solución que satisfaga las necesidades de la arquitectura y de la ingeniería civil mientras aporta amigablemente al entorno.

Luego, la investigación realizada y las conclusiones que de ahí se deriven servirán de referente para mayores estudios sobre ese material y otros semejantes. Tanto el estudio teórico como la aplicación práctica sirven de base para buscar nuevas maneras de aprovechar la cascarilla de arroz como de mejorar los mecanismos y procesos existentes.

En definitiva, el presente proyecto responde de forma teórica, práctica y metodológica a necesidades reales que incluyen al campo de la arquitectura pero que influyen en el comercio, la economía y la ecología; aspectos de suma importancia para el conocimiento arquitectónico.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Se conoce que el arroz ha sido parte de la tradición agrícola de muchas generaciones, y es pilar de la economía de muchos países. Sin embargo, para mejor entender su importancia, es necesario partir revisando la trayectoria del arroz a través de las culturas y su papel en estas.

Por otro lado, esta investigación une componentes de este alimento con la ciencia de la arquitectura, por lo cual se abre un nuevo panorama que incluye a los elementos constructivos y su evolución con el desarrollo industrial y el devenir tecnológico. A continuación, se repasarán cronológicamente.

2.1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA CASCARILLA DE ARROZ

En primer lugar, el arroz tiene dos fuentes etimológicas. La primera nace del árabe "Ar – rruz" y la otra viene del griego "oryza" que viene a su vez de una raíz indoiraniana con influencias persas (Etimologías de Chile, 2015). Este cereal muestra un recorrido alrededor de todo el planeta, según muestra su historia.

Algunos sostienen que el arroz tiene una trayectoria muy extensa que inicia hace aproximadamente 7000 años atrás. Ciertamente, los primeros cultivos de este cereal datan de por lo menos "5000 años a.C. en China, expandiéndose por Asia a zonas que hoy se conocen como Tailandia, Camboya, Vietnam y el Sur de la India" (Arroz Miraflores, 2015). Luego, el desarrollo agrícola llevó el sembrío por Japón, Corea, Indonesia, entre otros.

En cuanto a África, el arroz fue llevado por viajes de comerciantes musulmanes que llevarían luego también especias y otros alimentos. Se estima que el arroz se cultivaba en este continente desde los 3500 a.C. (Ecured, 2015).

Posteriormente, el arroz viaja hasta Europa. Esto se puede notar en la aparición cronológica del arroz en platos típicos tradicionales de varios países europeos, constituyéndose este en un fundamento de una comida

balanceada y diaria para las diferentes poblaciones. Así puede verse en el bagaje gastronómico adquirido por España, Francia e Italia, por mencionar algunos, lo cual es notado por la simple experiencia de las personas.

Puede tomarse como ejemplo el fenómeno cultural de Grecia y Roma, lugares en donde el arroz era bastante conocido. Esto puede verse ilustrado en la Obra *Cocina Romana* de Apicio (Apicio, 1987, págs. 11, 20, 92) en donde explica la mezcla de la crema de habas con el arroz que luego se tritura para mezclar con especias. Puede decirse que el manejo de este alimento no era nada ajeno a la realidad de la época.

De acuerdo a la reconocida empresa arrocera Miraflores (Arroz Miraflores, 2015), la teoría más acertada es que los árabes fueron quienes sembraron y cosecharon los primeros arrozales y que de esa manera llegó hasta España y Europa. Sin embargo, otros expertos sugieren que el arroz tuvo sus inicios en China y que se remonta a los 10000 a.C. (Novarroz, 2015). Lo que sí es un acuerdo aceptado es que Europa heredó el arroz desde Asia.

El arroz tuvo un papel importante en la edad media, pues el arroz era consumido en primera instancia por personas que ostentaban grandes riquezas. Por ejemplo, de Milán, el arroz transportado no se cultivaba, sino que se llevaba para comerciar a elevados precios.

Ya, en el año 1694 un cargamento posiblemente proveniente de Madagascar, llega a Carolina Del Norte (Arroz Miraflores, 2015), de donde empieza a segregarse por el resto de América de Norte a Sur. Este viaje vertical se da gracias a las colonizaciones españolas que llevan productos desde el norte del continente hacia los países de Sudamérica.

En cuanto a la presentación final de cómo conocemos el arroz comercializado, llega en 1912 con el primer lanzamiento de arroz empaquetado dirigido al consumidor con un peso de 1 kg (Novarroz, 2015), llegando de esta manera a recorrer todo el mundo en esta presentación. A partir de este hito, el arroz se volvió parte fundamental del

mercado en desarrollo dentro de una civilización que caminaba hacia la globalización.

Como es sabido, este es un alimento importante en la dieta de muchas culturas, pero para muchas otras es más que un alimento. Se puede contrastar de esta manera que para Occidente es un alimento realmente importante, pero un alimento al fin. Para las culturas orientales como en Japón o China, por ejemplo, el arroz es un símbolo vital de buena salud. Al saludarse se preguntan – “¿Comiste tu arroz?” Si la respuesta es afirmativa, se responde a este saludo: - “gracias, estoy muy bien!” (Pellini, 2014).

Otra muestra de la simbólica relevancia del arroz en las tradiciones orientales es la composición de la palabra “arroz” para crear el carácter chino. Este está constituido por dos números 8 y un número 10 para representar el 88; esto se debe a que, para ellos, se realizan esa cantidad de actividades desde la siembra hasta la cosecha del arroz (Ecured, 2015), así como demuestra una actitud de agradecimiento frente al cultivador por su esfuerzo y al alimento en sí mismo, por su aporte a la vida humana.

Además, el arroz tiene distintas derivaciones según su evolución, zona de cultivo y condiciones en que se desarrolló el producto. Glaszman, utilizando isoenzimas dividió a la especie *Oryza sativa* en seis grupos: japónica, aromática, indica, aus, rayada y ashina (Ecured, 2015).

Una de las últimas noticias relevantes en cuanto al desarrollo del arroz se centra en la manipulación transgénica de este cereal para su propagación y donación a países necesitados, por un lado, y para estudiar su estructura y agregar elementos a su composición, lo cual es un debate amplio que se lleva desde distintos bastiones de la filosofía política y biológica.

Sin embargo, el arroz tiene ya un conjunto bastante notable de propiedades entre las que destacan las medicinales y las nutritivas, razón por la cual es un alimento altamente demandado. A su vez, en cuanto a los nutrientes, es “rico en carbohidratos compuestos, proteínas y fibras, en el caso del arroz integral” (Ecured, 2015).

En resumen, el codiciado producto es una base fundamental en la cultura, tradición, costumbres y estructuras sociales y económicas para la gran mayoría del mundo. Esto es altamente elocuente a la hora de considerar la importancia que tiene para los productores y consumidores, así como la necesidad de reflexionar sobre su aprovechamiento eficiente y efectivo en cada uno de sus elementos.

2.1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Al otro lado de este trabajo de investigación, se encuentra el largo camino que ha llevado al hombre a desarrollar sus elementos de construcción, partiendo de su entorno hacia formas cada vez más elaboradas de usar elementos para la creación de espacios y estructuras.

Puede decirse que los primeros elementos fueron el barro y la arcilla, comunes y a la mano para el hombre primitivo, con los cuales buscaba armar refugios rústicos para defenderse de depredadores y las inclemencias del medio ambiente. A través del paso del tiempo, junto con la Edad de Piedra vino el uso de la piedra y la madera que se usaban para fabricar armas, en construcciones vernáculas (Biblioteca Virtual del Banco de la República, 2005).

Anteriormente, en la época prehistórica, la piedra servía para levantar funerarias y luego muros de protección para las viviendas a base de arcilla, rocas y ramas. Esto afirma que el primer uso de los materiales fue improvisado y con un fin puramente práctico. La utilización de la piedra se puede evidenciar también en los “bloques sin tallar y sin empleo de mortero en las grandes construcciones megalíticas como los Dólmenes o los Menhires” (Los materiales de construcción, 2015, pág. 4).

En el período egipcio, considerando las fuertes oleadas de calor, la piedra no era la solución final que encontraban los habitantes. Fue por ello, que desarrollaron el adobe, la madera y los ladrillos como recursos viables de construcción tanto para funerarias como para viviendas (Los materiales de construcción, 2015, pág. 6).

Más adelante, se dio paso a la Edad de Bronce, de donde el descubrimiento de su ductilidad y multiplicidad le dio prioridad sobre la piedra, además del sentido estético de su acabado (Biblioteca Virtual del Banco de la República, 2005). Sin embargo, pronto el hierro fundido reemplazaría al bronce debido a su aplicabilidad. El hierro toma fuerza a finales del siglo XVIII, llevando a un hito histórico, la revolución de la construcción de puentes (Millarium, 2008). Este material no sería reemplazado sino únicamente por el acero junto al hormigón, un siglo después.

Como evidencia, la civilización romana muestra ya el uso del hormigón como una implementación innovadora en algunas de sus edificaciones. Podría decirse que este material permanece fijo a lo largo de la historia, salvo sus modificaciones propias de la evolución de la arquitectura (Millarium, 2008).

Más aún, el hormigón lleva a un siguiente nivel las posibilidades en el ensamblaje de puentes, empezando con la apertura a una arquitectura de ambiciones más grandes y evolucionando hacia el hormigón armado que daba la oportunidad de "crear vigas de luces considerables y afinar las dimensiones de los arcos, lo que no era posible con el hormigón en masa ni con la piedra" (Millarium, 2008), entre muchas otras implicaciones de este material en el haber arquitectónico.

Poco a poco, la industrialización, la revolución tecnológica y el avance científico siempre en modalidad de exploración, ha llevado a un replanteamiento de la ingeniería de materiales de construcción. Se pueden observar hoy en día un sin número de materiales combinados o fabricados a partir de varios componentes cotidianos, que una vez habiendo probado su idoneidad, se convirtieron en parte de la arquitectura. Haciendo una mirada en retrospectiva, se pueden clasificar todos estos materiales encontrados, experimentados y usados a través de la historia, en tres grupos: metálicos, poliméricos y cerámicos (Biblioteca Virtual del Banco de la República, 2005). Además, se encuentran materiales conocidos como la arcilla, la arena, el asfalto, la paja, la cal, el yeso y el concreto.

Resumiendo, todos estos elementos sirven a un propósito específico en el diseño y construcción de una edificación. A través del tiempo el ser humano ha ido improvisando con lo que encontraba a su alrededor, hasta generar técnicas de composición y construcción para usar de manera eficiente los recursos disponibles. Esta última habilidad es la que ha llevado al arquitecto moderno a disponer de un conocimiento global de la utilidad de cada producto de la naturaleza, para su utilización correcta y responsable.

2.2 LA CULTURA DEL RECICLAJE EN EL MUNDO ARQUITECTÓNICO

Para hablar del reciclaje hay que hablar de la basura. Los desechos son tan antiguos como la aparición del ser humano en el planeta. Durante mucho tiempo vivió de cierta manera inconsciente del daño que ocasionaba el desechar materiales no degradables y agentes dañinos al medio ambiente. A este mal, se opuso una de las actividades más fuertes para proteger el ecosistema: el reciclaje.

Podría decirse que uno de los puntos de inicio de esta campaña pro-planeta, es el experimento realizado por la familia Rittenhouse en 1690, en el cual reciclaron por primera vez materiales usados. A partir de este momento Nueva York empezó un despertar ecológico y un movimiento alrededor del mundo. No obstante, una de las formas efectivas y diferente en que se empezó a impulsar y propagar la idea del reciclaje fue durante la guerra, cuando el gobierno norteamericano exhortaba a sus habitantes a donar palas y herramientas de acero o aluminio que servirían para la elaboración de granadas, armamentos y elementos bélicos a favor de las tropas estadounidenses (Reutiliz, 2011).

En el mundo de la arquitectura el reciclaje de materiales es un tema bastante amplio y en constante expansión. La arquitectura como ciencia busca explorar siempre nuevas posibilidades y entre ellas está la construcción eco-amigable, así como una construcción con un índice más eficiente y económico. Por un lado, encuentra en materiales reciclados como la madera, el aluminio, el vidrio, el acero y el plástico, elementos reusables para nuevas edificaciones (InspiraAction, 2009). Pero, por otro

lado, busca usar materiales orgánicos e inorgánicos para generar nuevas composiciones o estructuras que reemplacen los modelos tradicionales y puedan servir con aquel estándar de eficiencia, durabilidad y economicidad que mencionábamos.

Es cada vez más común observar esta búsqueda por parte de arquitectos y científicos que circundan la profesión de la construcción. Esto es algo positivo para la sociedad como signo de progreso, de cambio de mente para lograr soluciones a varios problemas con una misma respuesta; soluciones a la escasez de recursos, a la inaccesibilidad a viviendas para personas de escasos recursos económicos, y la falta de desarrollo científico en el área de investigación de elementos alternativos de construcción.

Aún más, se puede afirmar que el reciclaje en el mundo arquitectónico es tan amplio como la creatividad de aquellos que lo estudian, abriendo nuevas puertas a diversos materiales naturales o reutilizados que pueden servir para un modelo de vida sostenible, economizador y responsable. De ahí surge el concepto de arquitectura ambiental o sostenible, abordando la problemática constructiva de nuestra década y asumiendo un papel protagónico en la nueva arquitectura.

2.2.1 LA PROBLEMÁTICA DE LA ARQUITECTURA Y SU ENTORNO

La arquitectura a través de los años, ha pasado a ser un agente activo del cambio, promoviendo dentro de sus ejes, el desarrollo social y humano, pues es una ciencia que se centra en la persona. De esta forma, la arquitectura ambiental ha surgido apuntando a mejorar el entorno construido y natural existente basándose en que todas las intervenciones contemplan los aspectos de sostenibilidad social, ambiental y económica (Arquitectura Ambiental, 2016).

Esta rama o renovación de la arquitectura aparece para responder a varios problemas entre los cuales destacan la contaminación, los bajos recursos de un sector determinado, la falta de sentido urbanístico y la necesidad de un cambio en el modelo constructivo o arquitectónico.

Se conoce ampliamente de los estragos ocasionados por elementos contaminantes en diferentes industrias. Sin embargo, la arquitectura sostenible se centra en la reducción de impacto o cambio en el entorno, el mejor uso del recurso energético y la utilización de material reciclado (Arqhys, 2014). Estos tres puntos son aquellos en el que el esfuerzo constructivo concentra su interés, pues toma en cuenta el uso eficiente y responsable de métodos, materiales y concepto arquitectónico.

Luego, se busca reducir el gasto o mejorar el presupuesto usando materiales naturales, poco tratados o sin acabado. Con el fin de promover construcciones en zonas de escasos recursos, se generan iniciativas de levantamiento de viviendas en conjunto con habitantes de los sectores, usando modelos simples que implican materiales propios de la naturaleza como madera, piedra y elementos reciclados de bajo costo y de alto rendimiento. A esto se suman productos mixtos como bloques ecológicos, por ejemplo.

Otro punto clave de la arquitectura ambiental es recuperar el sentido urbanístico. De esto se obtiene que exista un creciente apoyo al urbanismo sostenible que busca la construcción no invasiva contra el ecosistema y que "proporcione recursos urbanísticos suficientes, no sólo en cuanto a las formas y a la eficiencia energética y del agua, sino también por su funcionalidad, como un lugar que sea mejor para la vida de sus habitantes" (Arquitectura Ambiental, 2016).

Este modelo de urbanismo no solo intenta crear una acción con el menor impacto posible al entorno, sino también comprometerse tanto económicamente con materiales viables para sectores específicos; así como socialmente, mejorando con su planificación, diseño y ejecución, a la calidad de vida de la población y la inclusión o participación de los ciudadanos en el proyecto (Arquitectura Ambiental, 2016). En la **Figura 1** se presenta un modelo de ciudad sostenible siguiendo los criterios del urbanismo mencionado.

Figura 1. Modelo de ciudad sostenible



Fuente: (Arquitectura Ambiental, 2016)

2.2.2 ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN

Si bien se ha mencionado la consideración de comunidades de bajos recursos como uno de los fines de la arquitectura ambiental, esta también responde a un mercado de alta demanda y de capacidad adquisitiva.

En los últimos años, se ha visto una inclinación hacia lo esencial, en muchas esferas del arte y del comercio. Se evidencia la necesidad de un cambio, de refrescar la cotidianeidad. Se puede tomar por ejemplo en el mundo de la moda, con la reaparición del arquetipo modern lumberjack como un camino para dar una vibra rústica y terrosa a los colores pálidos para colecciones textiles, logrando así un complejo modelo de hombre moderno acicalado y salvaje que vive en sintonía con lo natural y exterior (Trend Hunter, 2013); es un regreso a los orígenes.

También, se puede ver también en la esfera musical, donde se ha vuelto a atesorar ritmos, instrumentos y elementos folclóricos y tradicionales

como la influencia africana, indígena y asiática dentro de propuestas musicales actuales. Así mismo, la arquitectura ha buscado volver a lo esencial, a lo no acabado, a lo expuesto, donde "la austeridad en términos de medios se asume y la belleza se encuentra en lo económico" (Catálogo Diseño, 2015).

2.2.3 CASOS ANÁLOGOS

Esto se puede evidenciar en tres casos muy claros. En primer lugar, como se puede ver en la **Figura 2**, **Figura 3** y **Figura 4**, está el conocido proyecto Jewel Box:

Locación: Lausana, Suiza

Tipo: Residencial - casa

Área del terreno: 299.19 m²

Fecha del proyecto: 2011-2014

Arquitecto encargado: Dps Studio

Equipo de diseño: Felix Bonnier, So Kwok Yun, Nicole Ni

Figura 2. Vista de la residencia Jewel Box



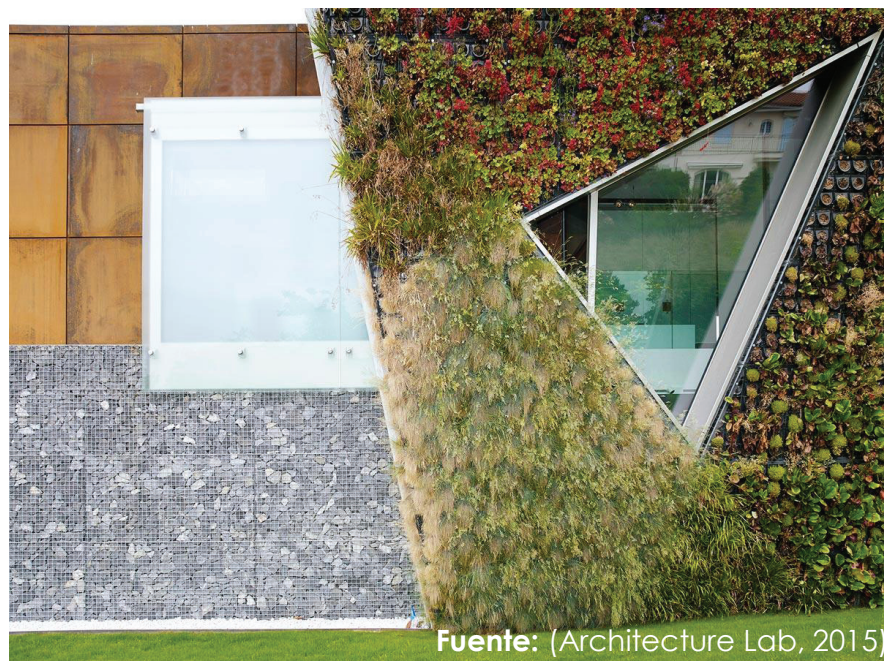
Fuente: (Architecture Lab, 2015)

Figura 3. Vista frontal de la residencia Jewel Box



Fuente: (Architecture Lab, 2015)

Figura 4. Detalles de la residencia Jewel Box



Fuente: (Architecture Lab, 2015)

Como puede notarse, la vivienda se centra en unir los materiales rústicos con los colores de la naturaleza. Este proyecto fue requerido por un cliente que trabajaba en una firma de consultoría ambiental por lo cual quería reflejar en su propio hogar, el compromiso con el uso responsable de la energía y los elementos. Así pues, esta vivienda está compuesta de

una combinación de concreto reciclado, metal y madera como principales sistemas estructurales (Architecture Lab, 2015). La capa externa, fue revestida de un juego entre materiales reciclados y un jardín que cubre la estructura, haciéndose parte del ecosistema y dando oxígeno al entorno. El objetivo de esta mezcla, es generar una tensión con inherente calma (Architecture Lab, 2015).

En segundo lugar, está La casa de los vientos, cuyas imágenes pueden verse en la **Figura 5**, **Figura 6** y **Figura 7**. Los planos de la misma se pueden ver en la **Figura 8** y **Figura 9**.

Locación: Cádiz, España

Tipo: Residencial - casa

Fecha del proyecto: 2014

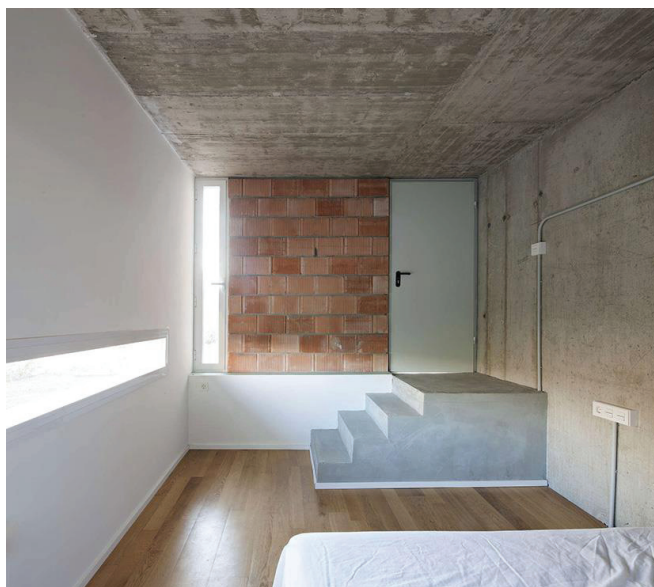
Arquitecto encargado: José Luis Muñoz Muñoz

Figura 5. Vista lateral de La casa de los vientos



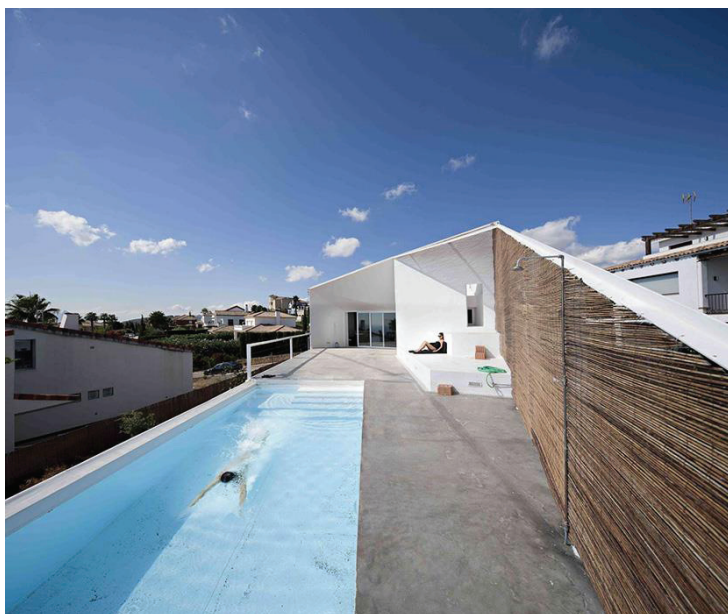
Fuente: (Catálogo Diseño, 2015)

Figura 6. Vista interior de La casa de los vientos



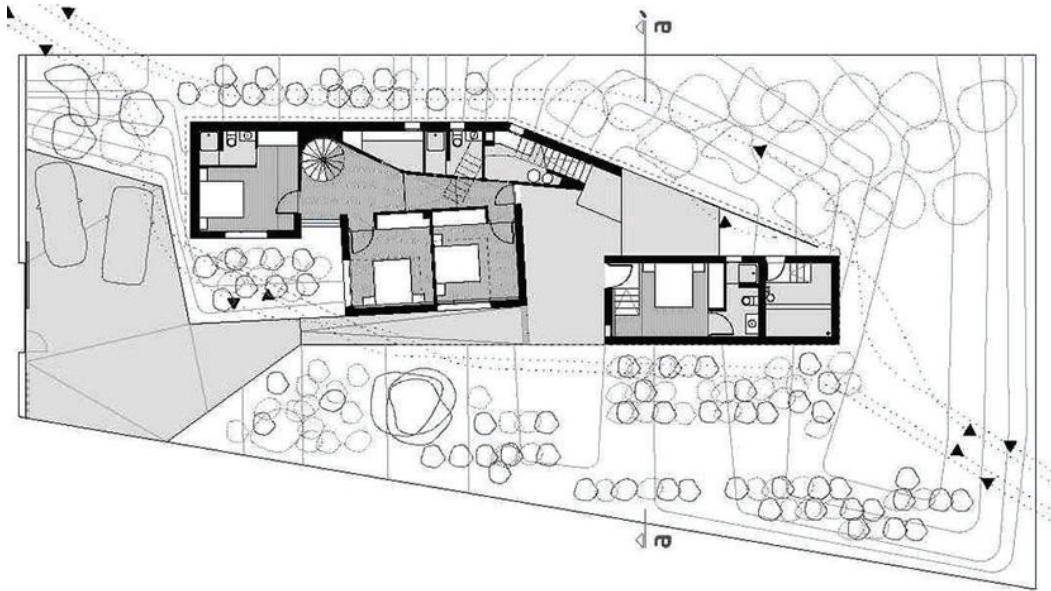
Fuente: (Catálogo Diseño, 2015)

Figura 7. Vista terraza de La casa de los vientos



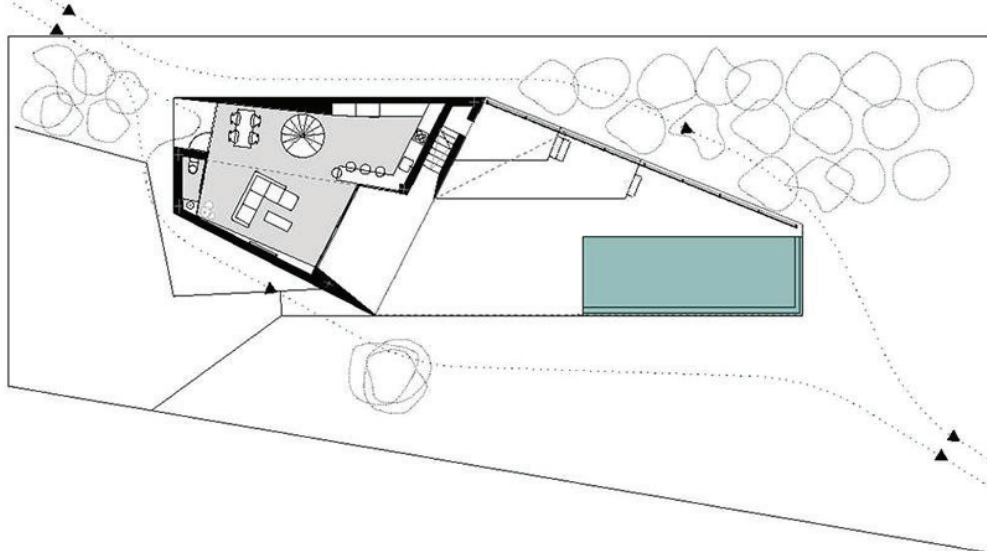
Fuente: (Catálogo Diseño, 2015)

Figura 8. Planta primer nivel de La casa de los vientos



Fuente: (Catálogo Diseño, 2015)

Figura 9. Planta segundo nivel de La casa de los vientos



Fuente: (Catálogo Diseño, 2015)

El arquitecto, al diseñar esta vivienda, tomó en cuenta tres aspectos: la orientación de los vientos para disfrutar espacios exteriores; la honestidad de los materiales; la austeridad para resaltar la belleza en lo económico (Catálogo Diseño, 2015).

El primer piso está compuesto de ladrillo al descubierto siguiendo el concepto del diseñador. En el nivel superior, se usa como estructura

principal el hormigón, pero se implementa además una pantalla de mimbre que tiene como funciones proteger del viento, hacer las veces de filtro solar, y dar privacidad con respecto a los vecinos.

Los elementos desnudos o no acabados, siendo mezclados con lo natural y con propósitos que sigan movimientos del viento y del sol, responden a la lógica de la honestidad en la arquitectura, donde se utilizan solamente métodos y materiales que rescaten la belleza de la construcción en sí misma, sin los retoques ni las manipulaciones finales, sino sencillamente como son.

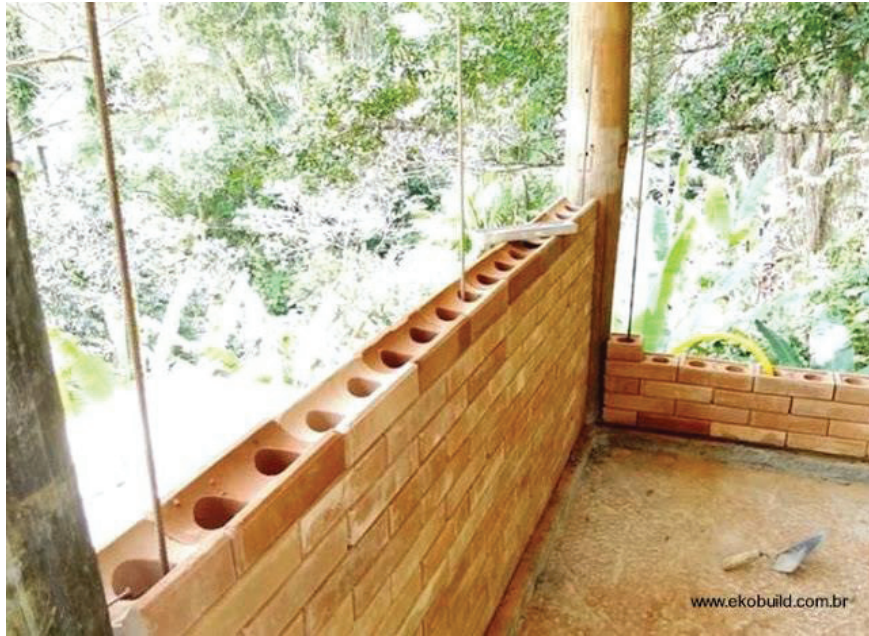
Por otro lado, en Brasil se originó un método de construcción para levantar viviendas con poca mano de obra especializada y con mucha agilidad, para poder cubrir sectores vulnerables. Este modelo puede apreciarse en la vivienda mostrada en la **Figura 10**, **Figura 11** y **Figura 12**.

Figura 10. Casas modernas, económicas de construcción rápida en Brasil



Fuente: (Arquitectura de casas, 2011)

Figura 11. Paredes entre postes de palmera



Fuente: (Arquitectura de casas, 2011)

Figura 12. Muros exteriores con excelente terminación



Fuente: (Arquitectura de casas, 2011)

Esta construcción, basada en ladrillos modulares ecológicos, que requieren de tierra del sitio, un poco de cemento, muy poca agua y un sencillo proceso de curación para su fabricación (Arquitectura de casas,

2011), funciona como piezas de juegos infantiles que encajan unas con otras hasta armar la estructura, por lo cual puede ser realizada por personas no expertas en arquitectura o construcción.

La vivienda ahorra hasta en 40% en costos de materiales, mano de obra y proceso constructivo. Más del 80% del material usado es ecológico, ya que usa la tierra como elemento principal; más aún si el suelo es arcilloso. Dado que el caso ocurre en Brasil, se consideró dejar “una delgada luz para compensar movimientos por dilatación, ya que en el país el clima predominante es muy cálido, tropical y ecuatorial” (Arquitectura de casas, 2011). Además, la pared formada por estos bloques ecológicos, al ser levantada queda casi terminada; pero el cimiento, el piso y los techos se ejecutan con construcción tradicional. De esta manera, estas viviendas de ladrillos ecológicos apuntan eficientemente a reducir costos, así como el impacto ambiental, a la vez que aseguran un proceso ágil y sencillo para ser emulado en lugares donde se requiere autoconstrucción de calidad.

Puede verse entonces que la arquitectura ambiental, tomando en cuenta la piedra, la madera, la tierra, los metales o creando soluciones ecológicas en procesos y materiales, parte hacia una arquitectura diferente, estética, práctica, responsable y honesta; logrando vencer los paradigmas de destinar lo ambiental a lo social o de escasos recursos únicamente, para llevarlo hacia los requerimientos más complejos y profundos. El presente proyecto se inspira de esta visión para proponer y promover la investigación de elementos de construcción tales como el bloque ecológico, para ser parte de este modelo de diseño y construcción.

2.3 ARROZ COMO MATERIA PRIMA: IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO

El elemento estudiado en este proyecto, la cascarilla de arroz, se encuentra en una situación privilegiada para su extracción y utilización. Para comenzar, “el 75% de la población mundial incluye el arroz en su dieta alimenticia diaria... La producción mundial de arroz supera los 500 millones

de toneladas, teniendo en cuenta que sólo los países asiáticos obtienen el 90% de la producción" (Pellini, 2014). Se podría decir que casi en su totalidad, este cereal es destinado para la alimentación de la población. Este es un dato no poco importante ya que significa que la actividad primaria en su comercio consiste en obtener el grano para recolectarlo, cargarlo y transportarlo.

Debido a su alta demanda, el arroz es un bien producido en muchas partes del mundo y más aún, importado y consumido en casi todo el planeta. Eso se traduce en que, a lo largo de todo el mundo, existen residuos de cascarilla de arroz que se están desechando, quemando o acumulando. Al mismo tiempo, este residuo es un desperdicio natural por las posibilidades que tiene para ser reutilizado, así como un desperdicio económico porque puede ser comercializado o bien donado para que el producto final en que este vaya a ser mezclado, puede tener un valor económico que impulse el desarrollo del comercio local.

Sumado a ello, la oportunidad de usar la cascarilla como un elemento para generar más bloques, equivale a un importante aporte para construcciones de viviendas en muchos sectores donde la economía no permite a personas de bajos recursos obtener su propio hogar. En este sentido, el impacto económico de un uso eficiente de este residuo existente en todo el mundo, crea también un impacto social que es incluso más importante.

Así pues, detrás de un simple elemento residual se esconde un puente hacia cambios en el desarrollo social y económico privado y público, micro y macroeconómico en potencia, para muchos sectores. En este caso, la arquitectura y la construcción serían las encargadas de realizar este impulso clave.

2.4 EL ENTORNO GENERAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL ECUADOR

La industria de la construcción en el Ecuador, ha ido encontrando un crecimiento prolongado con algunas desaceleraciones debido a

problemáticas económico-políticas como la caída de los créditos hipotecarios del BIEES en el 2013. Sin embargo, el crecimiento demográfico, así como la migración interna generó nuevas zonas de construcción y expansión de la densidad poblacional. Esto impulsó obviamente el mercado inmobiliario y por consecuencia el mercado arquitectónico.

Sin embargo, la caída del petróleo a inicios del 2015, sembró dudas con respecto a la proyección de crecimiento antes anunciada acerca de la industria, que apuntaba a un crecimiento de al menos un 10% para este año (Revista Líderes, 2015). Un difícil cambio que afrontar luego del despegue que tuvo en el 2013 (El Universo, 2014). Esta debilitación repentina causa, por un lado, una obligada y excesiva confianza en el sector público como gestor de desarrollo o impulso para el mercado; y, por otro lado, una posible paralización de trabajos y disminución en la oferta de viviendas, desembocando en una exagerada alza de precios para casas en el mercado inmobiliario y escasez de plazas de trabajo en el sector, según indica la misma revista periodística (Revista Líderes, 2015).

2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ

La cascarilla de arroz es parte integral del cereal compuesto de varias partes que intervienen en su crecimiento. Para poder analizar el subproducto, debe revisarse en primer lugar el producto completo.

2.5.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Dentro de la morfología del arroz se encuentran los siguientes componentes, descritos por Marcela Beatríz Rodríguez Almarza (2007):

La cascarilla o gluma constituye el 20% del peso del arroz integral o pardo, aunque sus valores van desde 16% a 28%. La distribución del peso del arroz pardo es la siguiente: pericarpio, 1-2%; aleurona, nucela y cubierta seminal 4-6%; germen, 1%; escutelo 2%; y endospermo, 90-91%. Tiene dimensiones de 5-10 mm por 1,5-5 mm de largo y ancho y con respecto al peso del grano, los mil granos pesan 27 g. (pág. 12)

Por su parte, un dato importante a tener en consideración al estudiar la composición de la cascarilla, es que tiene un porcentaje inherente de sílice, como lo indica la Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia en su edición 41 (2007):

La presencia de sílice dentro de la estructura de la cascarilla de arroz se conoce desde 1938. No obstante, desde 1934 científicos japoneses ya habían observado que el silicio es benéfico para el crecimiento normal del arroz. El contenido de sílice presente en la superficie externa es de 55.25% y en la superficie interna 35.48%. (pág. 8)

La existencia de sílice en este subproducto agrícola implica la capacidad de ser usado como elemento resistente para la composición de bloques, debido a la cualidad del elemento para adaptarse y adherirse al compuesto; en este caso, al cemento. Por esta razón, varios productos que contienen sílice, son usados para la elaboración de porcelana, vidrios y bloques (Ecured, 2012).

Todavía cabe señalar que, la cáscara de arroz “tiene una composición química parecida a la de la madera, es decir, celulosa, lignina, grasas y resinas, diferenciándose por una fuerte proporción de cenizas con un 18% en sílice” (Universidad Pública de Navarra, 2011).

De esta manera, la cascarilla de arroz se muestra en principio con una serie de cualidades que hacen de ella un muy posible candidato para constituir un elemento alternativo en la preparación de bloques de construcción para mampostería reforzada.

2.5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Avanzando con el análisis, se da paso a la revisión de las características físicas de este material residual. Esto es necesario para saber el comportamiento de la cascarilla y de esta manera determinar si es un producto útil para la elaboración de bloques para la construcción. Se analiza su forma, dimensión, superficie, peso. También, se puede observar una muestra de la cascarilla en la **Figura 13**.

La principal característica de la cascarilla de arroz es que esta toma la forma del grano cariósipide, es decir, que posee una sola semilla y que al madurar no se libera de ella, en este grupo se puede incluir los granos de maíz, trigo, cebada, sorgo, centeno, avena, entre otros.

Figura 13. Aspecto de la cascarilla de arroz

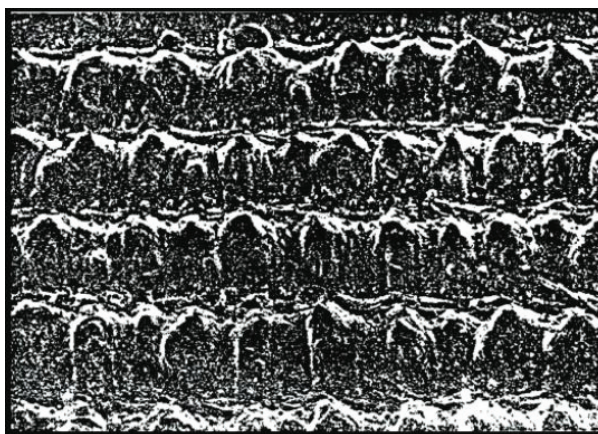


Fuente: (Universidad Pública de Navarra, 2011)

Existen numerosas variedades de cascarilla de arroz por lo que su dimensión oscila en longitud de 4 a 14 mm, en ancho de 1,5 a 5 mm y en su espesor existe un promedio de 50 μ m. La apariencia de la cascarilla de arroz según Chang (1990):

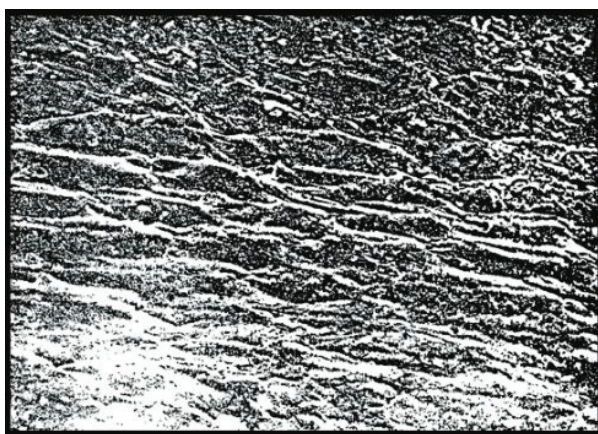
A simple vista, es uniforme en la superficie exterior, pero al observarse al microscopio se aprecia una superficie rugosa con crestas a diferencia de la interior que es lisa... Esto influye para que el aire quede atrapado en los intersticios exteriores e influya en la humedad de la cáscara. (Ver **Figura 14** y **Figura 15**)

Figura 14. Superficie exterior de la cascarilla vista al microscopio (X 500)



Fuente: (Chang, 1990)

Figura 15. Superficie interior de la cascarilla vista al microscopio (X 500)



Fuente: (Chang, 1990)

Para lograr una completa descripción de la cascarilla de arroz, es necesario determinar su peso. La medición del peso de las muestras se realiza con la cascarilla, unida por su extremo, en una balanza analítica. Como se ve en la **Figura 16.**

El rango de peso de una muestra fue de 2.944 - 3.564 mg, en base seca (Echeverría Cruz & López Mena, 2010). Una de las dificultades para la medición de su peso es la cantidad de pequeñas porosidades que posee lo que influye en el contenido de humedad. La medición en una balanza electrónica extractora de humedad es necesaria.

Figura 16. Cascarilla de arroz unida por un



Fuente: (Echeverría Cruz & López Mena, 2010)

A su vez, la Universidad Pública de Navarra (2011) afirma que:

La cascarilla de arroz, se caracteriza por su baja densidad, por ser aislante acústico y por su fácil manejabilidad, no oponiendo resistencia al corte. En lo que respecta al fuego se ha comprobado no ser inflamable y de condiciones aceptables de combustibilidad, no produciendo gases. (pág. 30)

2.5.3 CONDICIONES PARA SU CRECIMIENTO

La cascarilla de arroz es un producto privilegiado de la región costa, que requiere condiciones específicas de su entorno como de su cuidado para la obtención de una buena cosecha. A continuación, en la **Tabla 2**, se puede observar la información proporcionada por el organismo competente del estado acerca de las condiciones del suelo según el estudio edafológico realizado.

Tabla 2

Estudio edafológico del cultivo de arroz en el Ecuador

GRUPO	CEREAL
NOMBRE COMÚN	ARROZ
NOMBRE CIENTÍFICO	ORYZA SATIVA L.
FAMILIA	POACEAE
MODO DE ASIMILACIÓN FOTOSINTÉTICA	C4
TEMPERATURA ÓPTIMA °C	22 A 30
ALTITUD M.S.N.M.	1 A 1.500
PRECIPITACIÓN MM	800 A 1.240
LUMINOSIDAD	1.000 HORAS SOL / AÑO
TEXTURA DEL SUELO	ARC, FCO-ARC, ARC-L, FCO-L
PH ÓPTIMO	6,5 A 7,5
SALINIDAD	SIN
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	MODERADAMENTE PROFUNDOS
DRENAJE DEL SUELO	BUENO, SOPORTA MAL DRENAJE
PENDIENTE	0 A 5%
PEDREGOSIDAD DEL SUELO	SIN
TOPOGRAFÍA	PLANOS Y CASI PLANOS
NIVEL FREÁTICO DEL SUELO	MEDIANAMENTE PROFUNDOS
ÉPOCA DE SIEMBRA DEL CULTIVO	DICIEMBRE A ENERO; JUNIO A JULIO (CON RIEGO)
ÉPOCA DE COSECHA DEL CULTIVO	MAYO A JUNIO; SEPTIEMBRE A OCTUBRE (CON RIEGO)
DURACIÓN DEL CICLO DEL CULTIVO	120 A 140 DÍAS

Nota: Tomada de Lasso, Cruz y Haro (CLIRSEN, pág. 6).

Ver tabla completa en Anexo A

Fuente: Elaboración propia

2.5.4 USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ

La cascarilla de arroz es utilizada de distintas maneras según el sector al que se la destine. Puede ser usada para "cama en las avícolas; cestas para flores; como mezcla en alimentos concentrados para animales y también como productores de compostaje; además se estudia el

reemplazo de esta biomasa por combustibles fósiles como el carbón, petróleo y el gas" (Alienergy, 2010).

2.5.5 CUESTIONAMIENTOS SOBRE DESECHOS DE CASCARILLA DE ARROZ

A pesar de esto, la cascarilla sigue siendo un producto poco aprovechado en la mayoría de los sectores donde se genera. Existe una crítica mediática sobre el desperdicio de todo este potencial agregado por parte de la industria agrícola. Como se conoce, se usa como combustible en muchas fábricas y se reutiliza para ablandar camillas y otras soluciones cotidianas, pero, aunque se ha investigado mucho sobre sus propiedades y posibles aportes, no se ha hecho mucho para realmente probar su eficacia en un propósito más relevante, al menos en el campo de la arquitectura.

2.6 EL BLOQUE PARA MAMPOSTERÍA REFORZADA

2.6.1 EL BLOQUE: DEFINICIÓN

El bloque es en principio un paralelepípedo usado como pieza en conjunto para la construcción de diversas estructuras. En el caso específico de los bloques para mampostería, se trata de "pequeñas piezas prefabricadas individuales con las que se construyen muy flexiblemente paredes estructurales y no estructurales, muros, vigas y columnas" (Productos de Concreto, 2013).

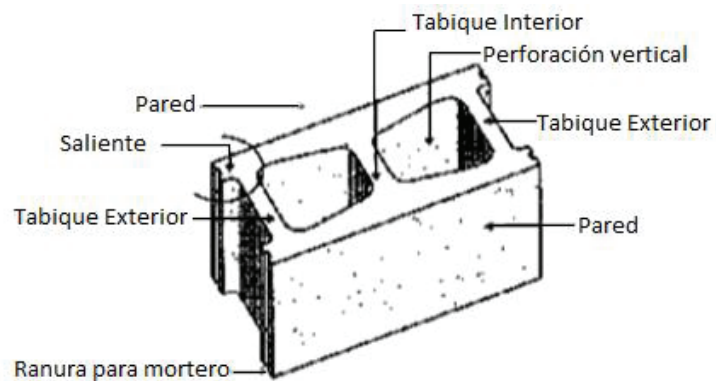
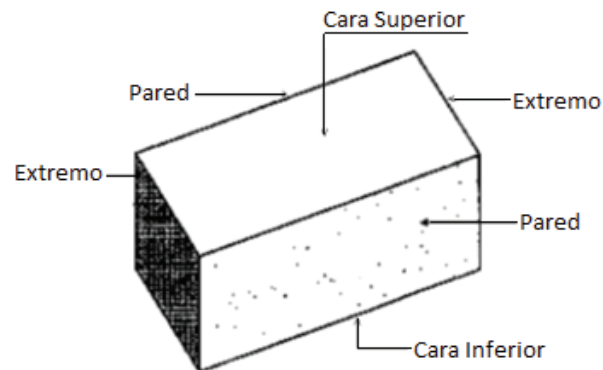
2.6.2 COMPOSICIÓN DEL BLOQUE

La estructura del bloque a utilizar puede variar según su objetivo de uso. Actualmente, existen diversos tipos de bloque según los objetivos constructivos y los fines estéticos. Los más comunes son el de piedra, el de arcilla cocida y el de hormigón. El de piedra es el más antiguo de todos, es también el más resistente. El de arcilla cocida, más resistente que el adobe, se compone de varios minerales y es altamente cotizado. Finalmente, el de hormigón, regularmente usado para muros y paredes, está compuesto de agregados finos, gruesos, cemento y agua. Para este

estudio específico, se analizará la composición de un bloque para mampostería reforzada.

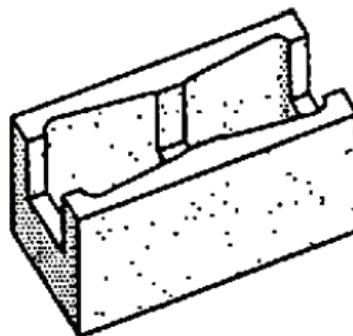
Los nombres otorgados a cada parte del bloque, obedecen a un orden de carácter teórico, para su estudio y aprendizaje, así como para un entendimiento común en la industria. (Ver **Figura 17** y **Figura 18**)

Figura 17. Partes del bloque de concreto



Fuente: (Herrera & Guillermo Madrid, 2014)

Figura 18. Bloque de tabiques recortados



Fuente: (Herrera & Guillermo Madrid, 2014)

La constitución observada del bloque es de vital importancia para la mampostería estructural, debido a que permite un refuerzo bilateral y en ambas direcciones del plano, es decir, que es posible ubicar barras horizontales y asentar refuerzos verticales que simulan vigas y columnas; e incluso, con la ventaja de trabajar como una sola unidad con la construcción general de la obra.

En cuanto al proceso de elaboración, lo primero que debe considerarse es el equipo para la producción, curado y almacenamiento. Estos equipos y medios deben ajustarse a las necesidades, costos y requerimiento de estándares tecnológicos y legales para la consecución de un proyecto determinado.

Luego, deben revisarse los materiales a utilizar. La calidad, la limpieza y la granulometría son indicadores de la idoneidad del elemento a seleccionar. Esto resultará en la resistencia y textura que se busca para la mezcla. Sin embargo, el análisis de materiales debe incluir un estudio de la dosificación correcta de estos tomando en cuenta el agua. Para ello, se puede consultar guías, proyectos anteriores y medidas que resulten de experiencias previas.

A continuación, los agregados dosificados se introducen en la mezcladora para después agregar agua, en la cantidad necesaria. Una vez terminado este paso, se ponen los productos a fraguar durante 24 horas o menos en algunos casos. Este fraguado se realiza por lo general en piscinas y se prolonga el curado hasta conseguir la resistencia adecuada. Finalmente, una vez listos, los bloques son empacados para su despacho.

2.6.3 LA MAMPOSTERÍA REFORZADA

Llamamos "mampostería al sistema de construcción que consiste en levantar muros a base de bloques... Es uno de los primeros sistemas constructivos en utilizarse por el hombre, ya que utilizaba los materiales fáciles de encontrar" (CM Proyectos, 2015). A este tipo de mampostería más improvisada sin mayor esfuerzo se la conoce como mampostería simple.

En la actualidad, la mampostería se trabaja con ladrillos de barro cocido o en su defecto, bloques de concreto, por su capacidad como soporte y resistencia (CM Proyectos, 2015). Ahora bien, como se mencionó anteriormente, la mampostería reforzada consiste en la “construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzadas internamente con barras y alambres de acero, cumpliendo los requisitos de análisis, diseño y construcción apropiados” como señala la Universidad Nacional (2010).

La mampostería reforzada logra que la edificación trabaje como un solo componente rígido por lo que todos sus elementos están entrelazados, esto ayuda a que durante un evento sísmico los daños sean menores. Sus paredes trabajan al mismo tiempo como estructuras de soporte. Para comprender de mejor manera el proceso constructivo, se detallarán los criterios de análisis que se deben tomar en cuenta durante el mismo.

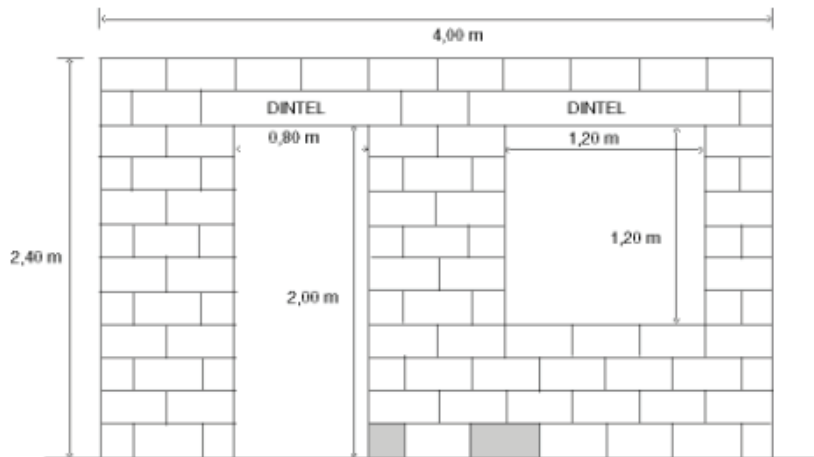
Entre los criterios más importantes está la inspección. Para ello, es necesario que exista “supervisión profesional que sea a la vez independiente con altos controles para garantizar la calidad del proceso. Esto ayuda a lograr un seguimiento ordenado y estricto de los parámetros y procesos constructivos, con el fin de evitar que se presenten problemas durante la ejecución de etapas posteriores” (Herrera & Guillermo Madrid, 2014). Los aspectos de supervisión son los siguientes:

- Recibir, almacenar y manipular los bloques.
- Elaborar y distribuir los morteros.
- Almacenar y cortar el refuerzo, priorizando la distribución del refuerzo vertical en las celdas.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta es la coordinación modular que debe revisarse no sólo antes de la construcción sino con antelación al diseño de espacios. Dicho aspecto se refiere a que hay que considerar las dimensiones de los bloques que se van a utilizar y para esto el tipo de edificación a realizarse. Este tipo de análisis es útil para evitar dificultades en el cálculo de unidades de bloques y por lo tanto el manejo ineficiente de presupuesto.

Así también, la falta de control en las medidas modulares puede generar cambios inesperados incluso en el diseño de la obra. Más aún, realizar una adecuada revisión de este parámetro es un importante insumo para el área de diseño, construcción y presupuesto; lo cual tiene un impacto notable en el resultado final. Puede observarse un ejemplo de una modulación adecuada en la **Figura 19**.

Figura 19. Diseño modular de bloques



Fuente: (Herrera & Guillermo Madrid, 2014)

Las instalaciones interiores son, así mismo, parte fundamental de la revisión previa a la construcción de la mampostería. La planificación de la distribución de tuberías hidrosanitarias, red eléctrica y de telecomunicaciones debe ser realizada cuidadosamente y tomando en cuenta la posición respectiva de los refuerzos (ver **Figura 20**); de esta manera, se asegura la correcta ubicación de los elementos sin que se obstaculicen y lejos de que haya posteriores cambios inesperados, se logre un uso eficiente del sistema. Estas indicaciones deben estar claramente especificadas en los planos arquitectónicos.

Figura 20. Instalaciones interiores



Fuente: (Occiarcellas, 2016)

Para construir la mampostería, además del bloque, se requieren las siguientes herramientas:

Mortero de pega: “Está especialmente diseñado para pegar tanto horizontal como verticalmente las unidades de mampostería. Igualmente sirve para empañetar, asegurando un buen acabado y presentación de los muros de mampostería” (Cemex, 2016).

Concreto de inyección: Es el concreto aplicado en un proceso de introducción, a presión, de una “mezcla de agua y cemento, en rocas, estructurales o el punto de contacto entre dos estructuras para el relleno de fisuras o espacios vacíos” (Instituto Costarricense de Electricidad, 2016).

Acero de refuerzo (vertical y horizontal): Es aquel que se utiliza para “absorber y resistir esfuerzos provocados por cargas y cambios volumétricos por temperatura y para quedar ahogado dentro de la masa del concreto” (Universidad Nacional Autónoma de México, 2016).

Guantes: Guantes de cuero o lona usados para manipular bordes ásperos o de bordes filosos.

Lápiz rojo: Lápiz grueso para marcar medidas y referencias para cortes.

Nivel de mano: Instrumento apropiado para mediciones rápidas, para revisar inclinaciones logrando determinar las medidas para montajes y levantamientos de estructuras.

Hilo: Hilo resistente para determinar medidas de altura.

Metro: Es un aparato de medición constituido por una "cinta metálica flexible, dividida en unidades de medición, y que se enrolla dentro de una carcasa. En el exterior, existe un sistema de freno para impedir el enrollado automático de la cinta, y mantener fija alguna medida" (Flexómetro Galeón, 2016).

Palustre: Paleta de albañil para untar el mortero, así como para adherir el material, gracias a su forma plana, a las estructuras en que se aplique.

Plomada: "Es una cuerda suspendida que contiene un peso en la parte inferior logrando dar una referencia vertical y perpendicular a cualquier plano de nivel que atraviese" (De Máquinas y Herramientas, 2012).

Reglas de aluminio: Regla de material resistente para mediciones en proyectos de construcción.

Andamios: "Estructura auxiliar o construcción provisional que ayuda y facilita el trabajo en la construcción o restauración de elementos más complejos y definitivos como edificios" (Layher, 2016).

Baldes o canecas: Recipientes para verter el mortero.

Pulidoras o cortadoras de disco: Maquinaria especializada para cortar bloques.

El proceso constructivo de la mampostería reforzada comienza elaborando la cimentación que consiste en la colocación del hierro según las especificaciones técnicas y la fundición del hormigón para obtener una base uniforme que soporte los muros. Es importante tener en consideración

el anclaje de las barras de refuerzo en la elaboración de la cimentación como se puede ver en la **Figura 21**. Este paso debe estar detallado en los planos.

Figura 21. Anclaje de las barras de refuerzo



Fuente: (Herrera & Guillermo Madrid, 2014)

Cuando se ha asentado la cimentación, se empieza a colocar la primera fila de bloques. Es recomendable que se ubique esta fila sin mortero inicialmente, para verificar que las medidas sean congruentes con el diseño y para identificar qué bloques llevarán refuerzos y por consecuencia deben ser cortados para convertirse en cajas de inspección con fines de limpieza.

Figura 22. Colocación de la primera fila de bloques



Fuente: (Ladrillera Santafé, 2012)

Para las filas siguientes, se ubican las guías verticales y se marca la nivelación en altura con la ayuda de los hilos (ver **Figura 23**). A la altura

definida en el diseño, se coloca el refuerzo horizontal. En cada fila de bloques se va verificando la nivelación a través de las guías y el plomo.

Figura 23. Medición en guías



Fuente: (Ladrillera Santafé, 2012)

Al terminar de colocar todas las filas de bloques, se procede a limpiar las celdas para poner el refuerzo y luego el concreto fluido. Según lo indica “el Instituto Colombiano de Productores de Cemento sólo se coloca una barra de refuerzo por celda y debe quedar en el centro de esta, a menos que se especifique lo contrario por requisitos estructurales” (Herrera & Guillermo Madrid, 2014, pág. 85). A la vez, se debe tomar en cuenta que el refuerzo que se vaya ubicar tenga la medida necesaria para realizar un traslazo de los refuerzos como es en el caso de la construcción de una edificación de 2 o más pisos (Ver **Figura 24**).

Figura 24. Traslazo de los refuerzos para continuación de pared sobre losa



Fuente: (Herrera & Guillermo Madrid, 2014)

Finalmente, cuando se ha confirmado que los canales han sido despejados de desechos, se tapan las ventanas de registro y se llenan las celdas desde arriba con el mortero hasta completar todos los espacios con

refuerzos. Hay que mencionar que, “la altura máxima de inyección determinará la forma de colocación del mortero, bien sea manualmente con embudo o mediante bombeo, como se indica en la **Figura 25**. Se debe asegurar que el espacio inyectado quede lleno, homogéneo y compacto” (Herrera & Guillermo Madrid, 2014, pág. 86).

Figura 25. Inyección de celdas con embudo (izquierda) y con bomba (derecha)



Fuente: (Herrera & Guillermo Madrid, 2014)

A modo de resumen, se puede decir que las ventajas de la mampostería reforzada son:

- La mampostería debido a su modo único de manipulación y colocación de las piezas o bloques, consigue disminuir la utilización de obra falsa para elaborar estructura vertical.
- Dado que la mampostería toma en cuenta la modulación de los bloques, se puede lograr un ahorro considerable en desperdicio de material de construcción.
- Además de ser un sistema estructural, por la forma de los bloques, el uso de este tipo de mampostería es un importante aporte estético a la fachada de la obra.
- En el caso de viviendas, es posible levantar la estructura completa con mampostería reforzada, reduciendo el costo de proveedores, equipos, transporte, entre otros.
- La mampostería reforzada usa un sistema de bloques entrelazados, lo cual resulta en una edificación levantada como

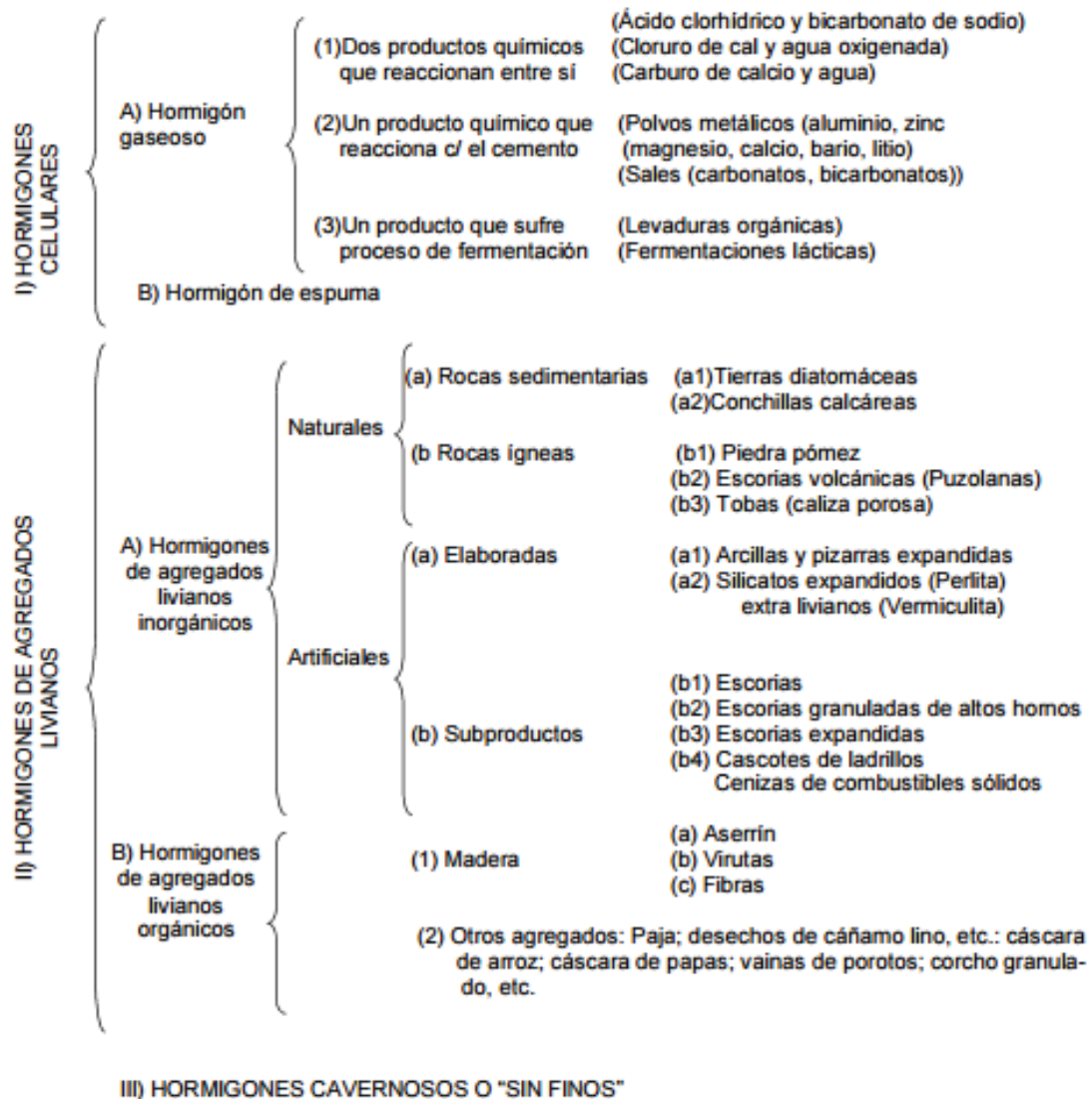
un conjunto o un solo cuerpo, haciéndola altamente sismo-resistencia

- Finalmente, el espacio hueco que reside dentro de los muros levantados con mampostería reforzada, genera una absorción de sonido y temperatura, es decir un aumento en la calidad termo-acústica de las paredes.

2.6.4 EL HORMIGÓN LIVIANO

El bloque, como ya se ha visto, entre sus componentes contiene hormigón que es de manera general una mezcla de agregados finos, agregados gruesos, cemento y agua. Sin embargo, el bloque ecológico usa una mezcla de cemento, arena y cascarilla de arroz, también conocida como hormigón liviano la cual puede ser compuesta de otro tipo de agregados como puede analizarse en la **Figura 26** de la clasificación.

Figura 26. Clasificación de los hormigones livianos



Fuente: (Carrasco, 2006)

Este hormigón liviano tiene una densidad que varía entre 0.3 gr/cm³ y 1.9 gr/cm³, ya que los tradicionales tienen una densidad de 2.4 gr/cm³ (ESPOL, 2016). Entre las características que resaltan en este tipo de hormigón están que disminuye el peso muerto de estructuras y por ende tiene cimentaciones más ligeras. Además, gracias a su calidad termoacústica, ahorra el consumo de energía. Promueve la economía en acabados y es altamente manipulable. Por estas cualidades, el hormigón liviano es usado como hormigón estructural, en estructuras especializadas para resistir el fuego y en elementos prefabricados.

Como se podía observar en la clasificación, este hormigón ligero puede estar constituido por materiales diferentes como desechos de cáñamo o cáscaras de arroz y papa para reemplazar el agregado tradicional, convirtiéndose en un hormigón liviano orgánico; el cual cuenta con las mismas propiedades y aplicaciones que el liviano inorgánico. De esta consideración, nace el alto interés de este proyecto por probar un modelo de bloque aligerado con cascarilla de arroz para lograr un material constructivo eficiente y competente con agregado orgánico en su composición de hormigón.

2.7 NECESIDAD DE INNOVACIÓN

Los bloques tradicionales a lo largo del tiempo, han encontrado limitaciones hacia un desarrollo sostenible de la arquitectura. Es un problema más profundo que la investigación de materiales. Se trata de un modo de ver la arquitectura, de entender la actividad de generar espacios habitables para las personas. Más allá de la estética y la funcionalidad, está la responsabilidad con el entorno, en el cual se crea y se construyen estructuras que pueden afectar de manera positiva o negativa en el hábitat, en la personalidad de un ecosistema y en el libre desenvolvimiento de la naturaleza.

Desde otra perspectiva, junto a la ecología, una sociedad en desarrollo, debe proponer también vías para lograr economizar, simplificar y hacer más eficiente la labor arquitectónica. Países desarrollados o en vías de desarrollo, entienden la necesidad de innovar en el aprovechamiento de espacios, materiales utilizados, efectos al ecosistema y al financiamiento de las construcciones, con el fin de ser realmente eficaces y efectivos en la ejecución de un proyecto determinado. Esta lógica de evolucionar el modo de hacer arquitectura, es el signo del avance cultural de una sociedad.

El uso de materiales y residuos naturales en el mundo de la construcción, por un lado, no es una novedad en sí mismo, pero es siempre un camino abierto a nuevas posibilidades. Hasta ahora, las investigaciones

y estudios han arrojado respuestas positivas con respecto al futuro de la arquitectura ecológica. Más aún, se pueden evidenciar notables beneficios de los bloques ecológicos en la industria internacional.

2.8 BENEFICIOS DE UN BLOQUE ECOLÓGICO

El bloque tipo lego o bloque ecológico es un “bloque construido con materiales que no degradan el medio ambiente y cuya fabricación también es respetuosa con este, frente a los ladrillos habituales cuya fabricación y materiales no es tan inocua” (Sánchez Ortiz, 2016).

Este bloque se usa actualmente en algunos países como México (Abilia, 2016) y Venezuela (Inversiones Piantanida, 2014), entre otros en Hispanoamérica. Según emprendedores mexicanos, la ventaja principal es que estos bloques “eliminan el desperdicio de materiales –cemento, arena o cal– y reducen hasta 30% los costos de construcción” (Abilia, 2016). Sin embargo, la falta de conocimiento sobre sus características ha generado barreras en los mercados, impidiendo la libre penetración de los bloques como producto viable. De hecho, se afirma que, por ser productos ecológicos, pasan por más pruebas que los bloques tradicionales (Sánchez Ortiz, 2016); es por ello que son una opción comprobada de mejoras en estética, seguridad y mejor costo.

Son estéticamente superiores: por la limpieza que se distingue en su fabricación, el acabado propio del bloque y la forma de ubicarlo hace que el levantamiento de muros se vea más ordenado y limpio. Por otro lado, la fácil colocación genera además ahorro en tiempo, que es ahorro en dinero. Esto es sumamente influyente en la gestión de presupuestos, pues ahorra material y mano de obra, así como plazos de entregas. Otro beneficio que presenta el bloque lego ecológico, es que, al combinarse con materiales como cáscaras o residuos naturales, son aislantes de temperatura y acústica, y por consecuencia producen ahorro energético (Sánchez Ortiz, 2016). Finalmente, el Centro Experimental de la Vivienda Económica de Argentina argumenta que los bloques ecológicos con estos componentes sirven de resistentes estructuras y son una solución al

aprovechamiento de residuos en la naturaleza (KREIKER, ANDRADA, POSITIERI, & GATANI, 2014).

Así pues, pueden resumirse los beneficios del bloque ecológico en el aprovechamiento de materiales naturales de muy bajo costo o de costo nulo; las propiedades de aislación térmico-acústica y la resistencia probada del bloque resultante.

Dentro de una encuesta realizada por la Ing. Shirley Guamán para la elaboración de un plan de negocios para la construcción y promoción de una fábrica de bloques ecológicos en la ciudad de Guayaquil (Guamán Aldaz, 2011), se obtuvo información relevante sobre la situación de los bloques ecológicos dentro del mercado. El cuestionario fue realizado a 53 establecimientos entre constructoras e inmobiliarias de la ciudad de Guayaquil. Entre los puntos principales, se observó que no es fácil cambiar del actual sistema de construcción hacia una nueva visión de la arquitectura, ya difundida en países desarrollados, pero frenada en países latinoamericanos. Según los resultados del cuestionario, se concluyó que el 87% de las inmobiliarias tienen conocimiento de los problemas ambientales originados a partir de la industria de la construcción. Se obtuvo, además, que el 89% está de acuerdo en el uso de nuevos productos. Sin embargo, solamente el 66% tiene conocimiento alguno de la existencia de bloques ecológicos. Esto es al mismo tiempo alarmante por la falta de información al respecto, y una posibilidad latente en cuanto a un mercado disponible para la introducción de un producto innovador. Finalmente, se precisó que el 55% de los encuestados prefirieron los valores entre \$1,00 y \$1,50 para un bloque ecológico.

Estas conclusiones demuestran por un lado la realidad de la industria constructiva y comercial, así como sugiere una oportunidad de abrir un nuevo mercado que logre apoyar el desarrollo ecológico a lo largo del país, a la vez que reduce costes y promueve la construcción, la venta inmobiliaria, las plazas de trabajo y los mercados circundantes. Es una cuestión de información e inversión más que de idoneidad del producto.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se hablará de la modalidad de investigación, materiales que se usaron y su descripción detallada, de las pruebas realizadas a la cascarilla de arroz como agregado para la elaboración de bloques para la construcción.

Por ser una investigación propia del método científico, tendrá un aspecto investigativo y experimental, buscando encontrar evidencias que soporten la hipótesis planteada. El proyecto es guiado por el objetivo práctico de dar validez a un recurso concreto; por tanto, la investigación apunta a describir el proceso y resultados de las pruebas realizadas a dicho elemento.

3.1 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

En esencia, la modalidad es de carácter descriptivo – analítico. Es un proyecto que describe un experimento al que es sometido el producto en cuestión, de manera que la proposición inicial sea validada o rechazada. En el desarrollo de dicho proceso, se analizan las características que componen al recurso y los cambios que sufre a través del tiempo fijado por el investigador.

Ahora bien, el tipo de estudio dependerá del planteamiento en sí mismo, de su extensión, del nivel de medición, de las técnicas de obtención de datos empleadas, la naturaleza de aquellos datos y su ubicación temporal.

3.2 DISEÑO DEL ESTUDIO

El caso de análisis fue diseñado para observar, medir, cuantificar y obtener resultados de una muestra real que permita aseverar conclusiones verosímiles y de alcance altamente práctico, es decir, que sean aplicables a la realidad. Por ello hay requerimientos propios del estudio que deben ser cumplidos.

3.3 TIPO DE ESTUDIO

La investigación es del tipo aplicada pues busca dar solución a una problemática actual y circundante. Esto se evidencia en que el centro del problema que trata, nace de la observación de las posibilidades que ofrece el proyecto para generar cambios tangibles en la industria de la construcción. Además, puede notarse en el uso de la teoría para transformar el entorno y usar las herramientas disponibles. Por ello, la base teórica y metodológica apuntan a resultados que puedan ser aplicados en el día a día.

Así mismo, atendiendo a la extensión del estudio, se encuentra que este es de clase semiexperimental. Todo el trabajo realizado inicia con la idea de probar un elemento y el desarrollo del contenido gira en torno a las variables que serán testeadas. Es el experimento el que define los resultados y otorga relevancia teórica, metodológica y práctica al estudio. Sin embargo, debe marcarse la diferenciación entre este y un trabajo experimental. La distinción radica en la aceptación de investigaciones y experimentos previos para la construcción del presente documento.

Siguiendo con la clasificación, el nivel de medición dicta que se trata de un método cuantitativo. Pese a que se busca la idoneidad o probar la calidad positiva del recurso analizado, la información que se recoge es numérica y de ella dependen tanto los resultados como su interpretación y conclusiones posteriores. Dicho de otra forma, es la lectura de los datos que rigen la validez del trabajo, la que determina la investigación.

Esta importancia cuantitativa se extiende a la preparación del experimento, a la preparación de materiales, procedimientos, planeación de cronograma y acondicionamiento del fenómeno controlado. Así, se reafirma este aspecto mencionado.

Con respecto a la técnica de obtención de datos, puede afirmarse que es una modalidad de baja interferencia. Existe una preparación previa y luego hay una constante medición, observación e interpretación en las cuales el investigador no interviene para modificar los parámetros, sino que

los mantiene hasta la conclusión del estudio. Más aún, la fidelidad del proyecto depende de que se de en esta forma.

Finalmente, la ubicación temporal de la investigación es actual y dinámica, es decir que se da en un contexto actualizado por los elementos que se usan y a la vez los alcances pueden prolongarse pues se trata de afirmaciones científicas basadas en un experimento de datos cuantitativos.

De esta manera, el estudio mantiene el espíritu científico como base del trabajo semiexperimental, aplicado, cuantitativo y de baja interferencia que se realiza. Es de vital importancia reconocer sus clasificaciones, para entender el norte del análisis que se propone y por consiguiente de los resultados que se persiguen.

3.4 ETAPAS DEL ESTUDIO

El estudio se compone de varias etapas, desde la conceptualización de las variables hasta la interpretación de resultados. Así, se logra otorgar orden para la categorización y la medición del proceso. Las partes sucesivas son las siguientes:

- Identificación de los objetivos y las variables intervinientes
- Delimitación del experimento adecuado para probar la hipótesis según el tipo de estudio.
- Selección de materiales y recursos
- Selección de instrumentos de medición y control
- Revisión periódica de acuerdo al cronograma establecido
- Revisión final de resultados en condiciones de baja interferencia
- Interpretación de datos y veredicto

Cada etapa está registrada y descrita en el presente documento, a la vez que se sostiene de manera teórica en cuanto a su validez y relevancia científica.

3.5 CONDICIONES DEL ESTUDIO

Como se mencionaba anteriormente, el estudio parte con la baja interferencia como criterio de análisis. A partir de este punto, las condiciones que podrían resaltarse es la de variar proporciones para cubrir las variables del experimento, y someter la muestra a la prueba de resistencia una vez que ésta se encuentre seca. Adicionalmente, no se encuentran acondicionamientos relevantes para la experimentación.

Luego, se tiene que, dentro de este marco de preparación, se seleccionaron los materiales adecuados para un estudio nítido de la viabilidad del recurso. Estos, se presentarán a continuación.

3.6 MATERIALES

Para analizar la resistencia del bloque aligerado con cascarilla de arroz para mampostería reforzada, se usaron materiales específicos según las condiciones establecidas, de manera que se emule la estructura tradicional del bloque, agregando el componente de este estudio. El listado de elementos usados, se detalla a continuación.

3.6.1 CEMENTO

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en su Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 151:2010 lo define como un “cemento hidráulico producido por pulverización de Clinker, consistente esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso” (INEN, 2010, pág. 5).

El cemento también puede definirse como “un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto” (Holcim Ecuador S.A., 2013, pág. 6).

Para fines de esta investigación, se usó cemento portland aprobado según lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 152.

3.6.2 ARENA

Otro de los materiales usados es la arena, muy importante en la elaboración de morteros ya que “el papel que desempeña es puramente mecánico y evita las contracciones que se producen en el fraguado” (Proaño Cadena, 2009, pág. 8).

El tipo de arena utilizado fue la arena graduada este tipo de arena se define como “arena normalizada, graduada, predominantemente, entre el tamiz de 600 μm (No. 30) y el tamiz de 150 μm (No. 100)” (INEN, 2010).

El análisis granulométrico de la arena que se utilizó está detallado en la **Tabla 3** y la curva granulométrica de este análisis en la **Figura 27**.

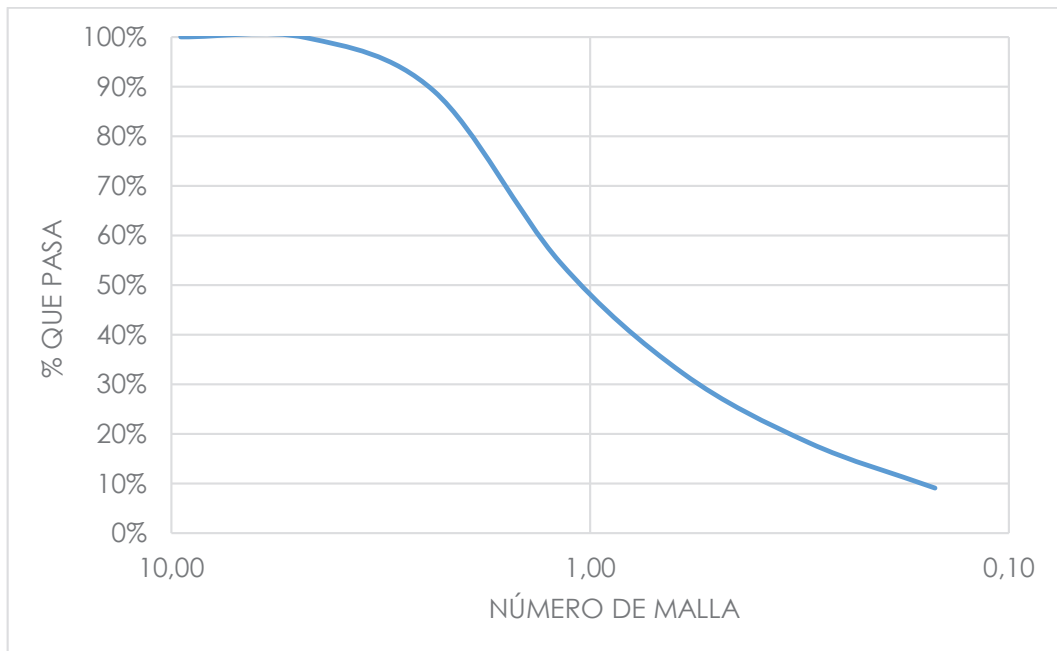
Tabla 3

Análisis granulométrico de la arena

Tamiz	Diámetro	Peso parcial	Porcentaje retenido	Porcentaje acumulado	Porcentaje que pasa	Norma
3/8	9,50	0	0%	0%	100%	100
N4	4,75	2	0%	0%	100%	95-100
N8	2,36	115	11%	11%	89%	80-100
n16	1,18	370	35%	45%	55%	50-85
n30	0,6	240	22%	68%	32%	25-60
n50	0,3	150	14%	82%	18%	5 a 30
N100	0,15	98	9%	91%	9%	0-10
Fondo		97	9%	100%	0%	
		1072	100%			

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UEES.

Figura 27. Curva granulométrica



Fuente: Laboratorio de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UEES.

3.6.3 AGUA

Es de conocimiento general que el agua es el material más usado por las personas. En efecto, en el mundo de la construcción sin este elemento no se podrían generar muchos de los materiales que hoy conocemos y utilizamos. Por ejemplo, “el agua cobra importancia en la fabricación del hormigón como: agua de mezclado, agua de curado y agua de lavado” (Carrasco, 2013, pág. 1)

Así pues, siguiendo las recomendaciones generales para realizar un adecuado uso de los materiales y de esta manera obtener las mejores condiciones para el experimento, se utilizó agua potable para hidratar el cemento y mezclar dichos materiales hasta lograr una masa moldeable. Es aconsejable elegir este tipo de agua puesto que “es incolora, inodora, insípida, fresca y no contiene materia orgánica” (Proaño Cadena, 2009, pág. 1).

Si bien es cierto que el problema más común que se tiene con el agua “al realizar concreto está relacionado con su cantidad, no con su

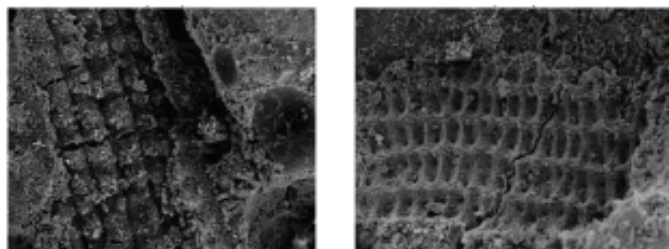
calidad" (Proaño Cadena, 2009, pág. 2), es igualmente cierto que este debe no contener sustancias en suspensión o disueltas que alteren el fraguado del cemento.

3.6.4 CASCARILLA DE ARROZ

Este agregado orgánico es el más importante para la investigación. La cascarilla de arroz para este proyecto, fue obtenida de la piladora "Las Marías", ubicado en la vía a Palestina a 3 km de Sta. Lucía, se puede ver en el Anexo B el registro fotográfico.

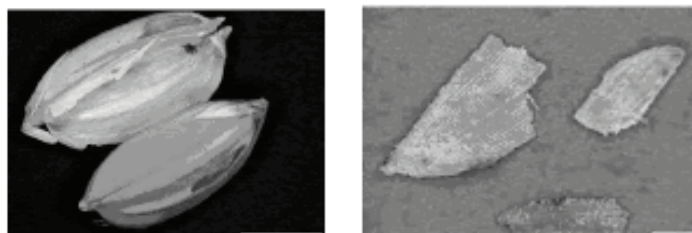
Hay que mencionar que, para la elaboración de las muestras, la cascarilla, se trituró debido a que, por tener forma cóncava (Ver **Figura 28**), impide que la mezcla se adhiera completamente. Por ello, primero debía pasar por dicho proceso de trituración y así lograr que se formen aristas, como se puede ver en la **Figura 29**, y que la dimensión sea menor para favorecer la adherencia al conseguir un mejor contacto de las partículas en la mezcla.

Figura 28. Superficie exterior (izq.) y superficie interior (der.) de la cáscara de arroz a 300 μm



Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2012)

Figura 29. Cáscara de arroz sin moler (izq.) y cáscara molida (der.)



Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2012)

Esto resulta en mejor compactación y menor porosidad en el producto final y, en consecuencia, menos quebradizo, ganando resistencia y al mismo tiempo flexibilidad. En resumen, este elemento se lo tomó en cuenta como un aditivo estructurante. Se puede ver una imagen de la cascarilla triturada en la **Figura 30**.

Figura 30. Aspecto de la cascarilla de arroz triturada



Fuente: (Universidad Pública de Navarra, 2011)

3.7 PROPORCIONES PARA INVESTIGACIÓN

Para el análisis de la cascarilla de arroz, como agregado en el mortero, se realizaron cinco diferentes proporciones para saber cuál de estas tendría la mejor reacción a compresión. Además, se realizó la proporción sin cascarilla para comparaciones posteriores. Las proporciones de cemento y arena se mantuvieron constantes. Las dosificaciones se fueron adecuando hasta lograr una masa moldeable dando como resultado lo indicado en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Dosificación de morteros en peso

Dosificación de morteros en peso				
Clase de mortero	Cemento (kg)	Arena (kg)	C.T. (kg)	Agua (litro)
Cemento - Arena	1	1.5	-	0.5
Cemento - Arena - cascarilla de arroz triturada	1	1.5	0.1	0.5
	1	1.5	0.2	0.6
	1	1.5	0.3	0.7
	1	1.5	0.4	0.8
	1	1.5	0.5	1

Fuente: Elaboración propia

3.8 PROCEDIMIENTOS A UTILIZAR

La investigación se realizó usando tres procedimientos principales: la preparación de los materiales, la manipulación de los elementos durante el experimento con una medición constante y la prueba final para obtención de resultados.

Dentro de la preparación de materiales, se encuentra la selección de los mismos, la determinación de sus proporciones recomendadas y la verificación del estado de cada uno de ellos. Posteriormente, está el procedimiento de la manipulación de los elementos durante la experimentación, que se compone de: medición del peso conjunto e individual para proporcionalidad; mezcla de elementos y compactación; ubicación en moldes, reposo de fraguado y secado; revisión y medición de peso como procedimiento transversal; compresión y flexión, para obtención de resultados.

3.9 ESPECIFICACIONES SOBRE EXPERIMENTO

Es importante notar que cuando se hace referencia al procedimiento de manipulación de elementos, se hace alusión al trabajo durante cada proceso necesario para lograr el producto del estudio, más no a una interferencia en el análisis que pueda afectar los resultados. Tanto la mezcla, la compactación, el fraguado y el secado son pasos para

producir el recurso. La compresión y flexión son la prueba final para testear el objeto de estudio.

Los instrumentos que se usan tanto en la manipulación como en la medición, otorgan adecuación y exactitud a la prueba, con el fin de sostener su validez y rigurosidad científica. Por otro lado, la prueba exigía más de una muestra por las variaciones proporcionales. Esto será descrito más adelante en la sección del desarrollo del experimento.

3.10 INSTRUMENTOS

Los instrumentos principales que se utilizaron para el desarrollo de las pruebas, se pueden observar en el Anexo C y se enlistan a continuación:

- Molino
- Balanza de laboratorio eléctrica
- Mezcladora
- Moldes para piezas cúbicas triples de 5cm
- Molde de bloque ecológico de 14cm x 7cm x 29cm
- Molde para viguetas de 9,5cm x 9,5cm x 29cm
- Equipo digital para pruebas de compresión

3.11 EXPERIMENTO

3.11.1 PLANTEAMIENTO INICIAL

El experimento busca comprobar la idoneidad del bloque aligerado con cascarilla de arroz como elemento alternativo para la mampostería reforzada. La comprobación de la resistencia del objeto según sus características y proporciones se realizará a través de la compresión del producto elaborado con los materiales y condiciones previamente explicados. Esta resistencia determinará la factibilidad del uso o aplicación de la cascarilla en la composición del bloque.

3.11.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN

El experimento se realizó en el laboratorio de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo, en las etapas descritas anteriormente. Cada

uno de los elementos fueron recolectados de piladoras y productores de materia prima, según los requerimientos específicos de cada recurso.

En primer lugar, se planteó el objetivo de estudio centrado en el recurso del residuo de cascarilla de arroz. Para preparar este subproducto, lo primero que se hizo fue triturarla, para poder obtener la forma precisa para su utilización en el experimento y hacerla parte del bloque. (Ver **Figura 31**).

Figura 31. Proceso de trituración de la cascarilla de arroz



Fuente: Elaboración propia

Como ya se mencionó anteriormente, el propósito de triturarla consiste en hacer que la cascarilla sea más pequeña y así el mortero se adhiera de mejor forma. De otro modo, al no estar triturada, quedarían muchos espacios huecos entre los trozos de cascarilla, haciendo que el mortero se debilite. Por ello, es recomendable triturar hasta que quede, al menos, a un 50% de su forma original. Hay que considerar, además, la cantidad y proporción necesaria de cascarilla triturada para cada muestra, de forma que sea suficiente para el molde que se usará.

Cuando se hace la medición de peso y cantidades de cada material, no existe una fórmula exacta del agregado de cada medida. Esto se debe a que las combinaciones entre los elementos pueden funcionar o pueden faltar algo de uno o varios de los elementos. Para

saberlo, durante la medición se iba probando y revisando la masa resultante, observando que no quedara muy blanda o muy tiesa, con poca agua o con espacios entre la cascarilla. Luego de esas pruebas, se determinaron tres diferentes proporciones con las que se realizaría el experimento. Además, para lograr someter las muestras a todas las pruebas del cronograma, se planteó hacer 9 cubos de la primera muestra, 9 cubos de la segunda y 7 de la tercera, usando todo el material existente.

Luego, se realizó la mezcla de los materiales y se las vertió en moldes cúbicos de 5cm. A continuación, se va compactando cada mezcla para ir definiendo la forma del bloque de muestra (Ver **Figura 32** y **Figura 33**). La medida del molde fue seleccionada para tener una muestra razonablemente adecuada para hacer una experimentación real que sea consistente con los objetivos y pueda comprobar o refutar la hipótesis. Como siguiente paso, se las deja secar durante 24 horas. (Ver **Figura 32**).

Figura 32. Proceso de mezcla de materiales



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Colocación de muestra en moldes y compactación



Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Material en moldes cúbicos de 5 cm



Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido un formato compacto, se lo deja fraguando para lograr la hidratación necesaria de cada muestra, como se indica en la **Figura 35**. Este procedimiento se realiza en pequeñas piscinas que contienen muestras en proceso de preparación. Es realmente importante dejar que cada uno de los bloques se hidrate adecuadamente para poder obtener la consistencia requerida para pasar las pruebas. Si no permanecen en agua el tiempo necesario, la experimentación sería irreal en cuanto a las condiciones óptimas de la mezcla en los bloques.

Figura 35. Muestras en etapa de fraguado



Fuente: Elaboración propia

Después, se debe esperar a las fechas indicadas en el cronograma para sacar las muestras para el testeo de compresión, como se indica en el cronograma en la **Tabla 5**. Esto se da a los 7, 14 y 28 días del momento en que se dejaron los cubos a reposar en las piscinas. En cada una de las fechas establecidas de revisión, se sacaron tres cubos de cada muestra y se dejaban las demás en el recipiente con agua. Seguido a esto, se secaba los cubos y se pesaban para pasar inmediatamente a la máquina de compresión. (Ver **Figura 36**).

Figura 36. Muestra siendo pesada en la balanza eléctrica



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de compresión consiste en someter cada cubo a una prensa o máquina que comprime y mide la resistencia que tiene (Ver **Figura 37**). Se anota la carga que soporta y se deja aparte. El proceso se repite en cada una de las fechas hasta obtener los resultados de resistencia y adaptación de todas las muestras.

Figura 37. Equipo digital para pruebas de compresión



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los avances y los finales de la experimentación se muestran en el capítulo IV, así como la interpretación y las conclusiones que de ahí se deriven.

3.11.3 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE FLEXIÓN

La prueba de flexión es un ensayo de complemento clave para probar o desestimar la viabilidad del bloque aligerado con cascarilla de arroz. El experimento se realizó a continuación de la prueba de compresión, para examinar la resistencia a la flexión y por consiguiente su calidad de flexibilidad. El bloque debe soportar la tensión luego de ser colocado en la mampostería y ese desafío es lo que emula el ensayo.

El ensayo se hace para determinar la carga máxima que puede soportar a flexión. En esta ocasión se trabaja con viguetas. Para la elaboración de estas se sigue el mismo procedimiento de mezclado anterior, pero se lo coloca en moldes de 9,5 x 9,5 x 29cm.

Figura 38. Colocación de muestra en molde de viguetas



Fuente: Elaboración propia

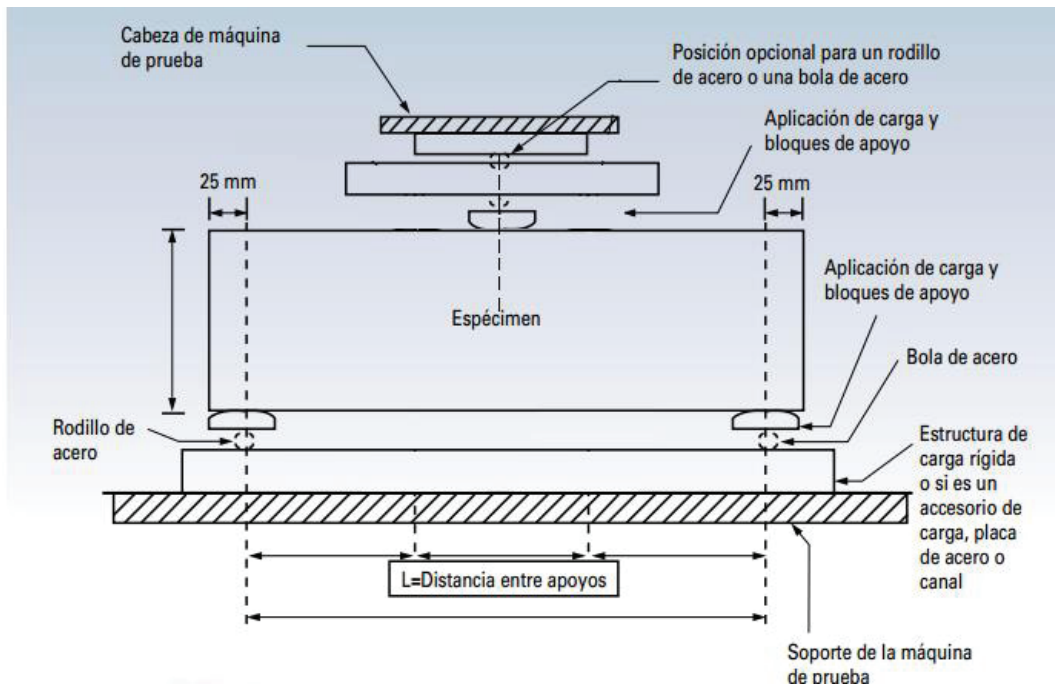
Posteriormente, después de 7 días de haber atravesado el periodo de curado, se coloca la viga rectangular de forma horizontal en la máquina de compresión. Se ubican los apoyos a 19 cm de distancia entre ellos y centrados con relación a la viga. Son dos apoyos en la parte inferior y un apoyo más en la parte superior, de forma centrada, como se puede ver en la **Figura 39** y **Figura 40**. A esto se lo denomina como ensayo de 3 puntos.

Figura 39. Vigueta durante la prueba de flexión



Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Ejemplo de colocación de los apoyos

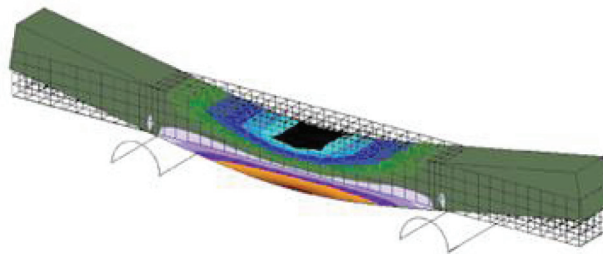


Fuente: (Instituto mexicano del cemento y del concreto , 2008)

Luego, se va aplicando la carga de forma continua y se procede a registrar la resistencia. El procedimiento debe repetirse a los 28 días para reportar los cambios entre ambas pruebas. Los resultados se detallan en la tabla del ensayo.

A continuación, en la **Figura 41** de esta tesis, se muestra como trabajan las tensiones en una vigueta durante la prueba de flexión, para tener un mejor entendimiento.

Figura 41. Tensiones en una viga rectangular



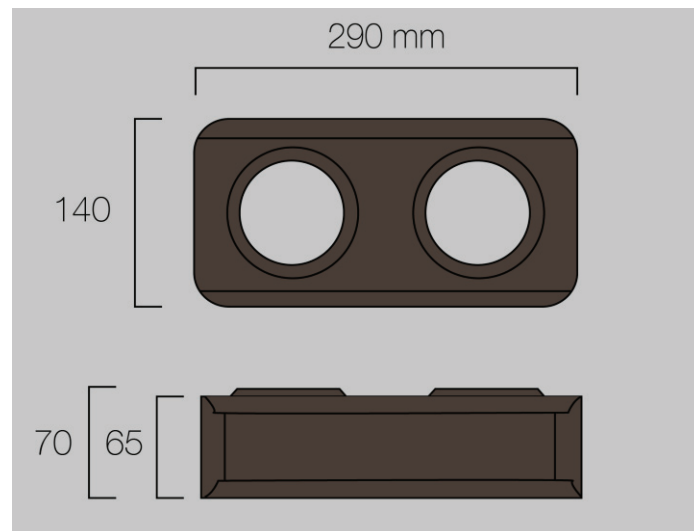
Fuente: (Universidad de Santiago de Compostela, 2016)

3.11.4 ELABORACIÓN DE BLOQUES

Posteriormente, se procedió a elaborar las muestras del bloque aligerado con cascarilla de arroz triturada, cuyos resultados se observan en el capítulo siguiente, y su proceso se detalla a continuación.

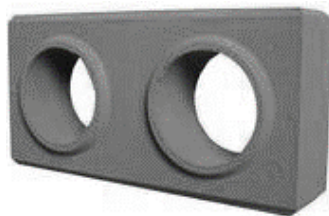
Con la proporción más resistente, se elaboró la muestra del bloque aligerado final con las medidas 14 x 7 x 29cm (Ver **Figura 42**). Se eligió esta modulación debido a que muchos bloques ecológicos trabajan con ella por su fácil manejabilidad y menor peso. Esta medida fue seleccionada por ser la medida estándar de bloques ecológicos (ver **Figura 43**).

Figura 42. Medidas del bloque



Fuente: Elaboración propia

Figura 43. Ejemplo de bloque ecológico



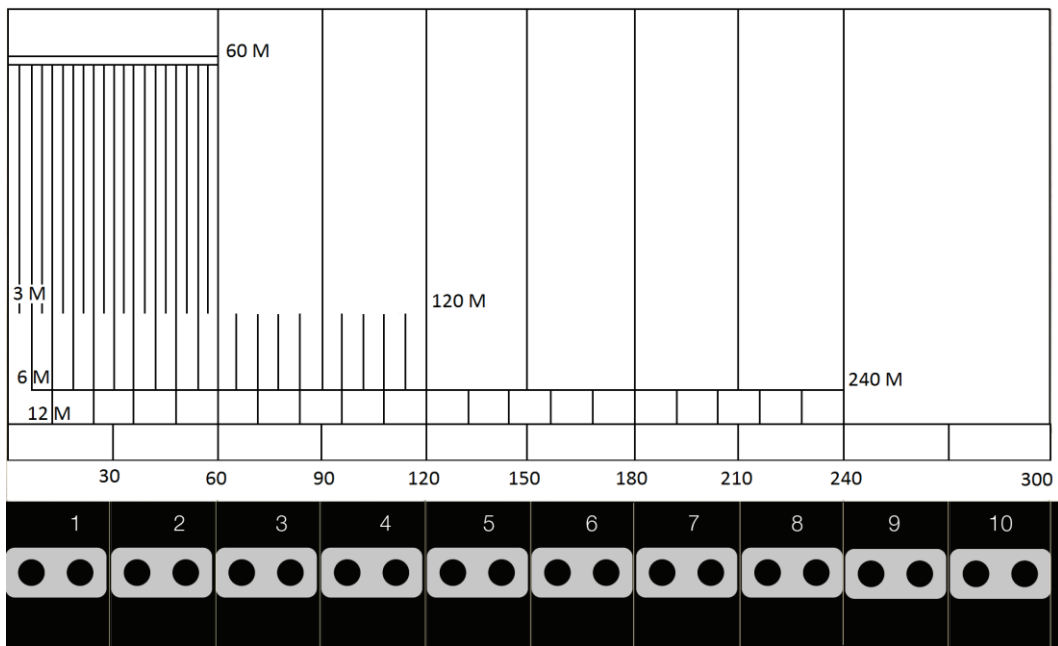
Fuente: (Alibaba, 2016)

La modulación seleccionada se basó en la Norma NTE INEN 310, buscando una serie modular que responda al sistema de mampostería reforzada, y a su vez el bloque ecológico del presente proyecto se elaboró a partir de las consideraciones de este módulo.

El bloque ecológico, tiene medidas específicas que surgen de la serie modular 30. En realidad, existen tantas modulaciones como fábricas productoras de bloques, cambiando según objetivos constructivos, presupuestarios, ecológicos y conceptos estéticos o arquitectónicos. En este caso, esta serie modular 30, permite trabajar con medidas de 2,40 m a 3 m y las medidas que de ellas deriven, tomando en cuenta juntas de 1cm de espesor. Los detalles del módulo pueden verse en la **Figura 44**.

Además, las dimensiones del bloque ecológico cuentan con un análisis de proporcionalidad similar al conocido formato catalán que puede observarse en la **Figura 45**.

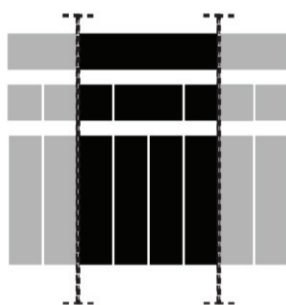
Figura 44. Serie modular de 30



Nota: Información tomada de NTE INEN 310

Fuente: Elaboración propia

Figura 45. Proporcionalidad de las dimensiones del bloque



Módulo M = 30 cm

1 largo + 1 junta
2 ancho + 2 juntas
4 alto + 4 juntas

Fuente: (Collado Trabanco, 2005)

Tomando en cuenta esto, se prosiguió a la elaboración del bloque. Se realizó el mismo procedimiento que el empleado para la prueba de compresión de los cubos, pero con algunas diferencias.

Primero, se mezclan los materiales en la máquina mezcladora y se vierte el material en el molde. Este compuesto se va compactando y se va llenando el molde hasta su tope de manera simultánea, como se muestra en la **Figura 46**.

Figura 46. Colocación y compactación de muestra en el molde del bloque



Fuente: Elaboración propia

Una vez llenado completamente el molde, se esperan 25 minutos para poder sacar la muestra del molde. Solo así, la muestra podrá ser manejable para ser ubicada en la siguiente etapa. A continuación, en la **Figura 47** se pueden observar las muestras.

Figura 47. Muestras de bloques



Fuente: Elaboración propia

Luego, se deja el bloque secar hasta el día siguiente. Después, se pone el bloque a fraguar y se espera las fechas indicadas en el cronograma para realizar la prueba de compresión.

Figura 48. Bloque ecológico durante prueba de compresión



Fuente: Elaboración propia

3.12 CRONOGRAMA DEL EXPERIMENTO

A continuación, se muestra en la **Tabla 5** el cronograma de la prueba de compresión.

Tabla 5

Tabla de actividades de revisión y análisis

	Proporción	Agua (litro)	Fecha inicial	Días	Muestra	Fecha de compresión
B	1 : 1,5 : 0,1	0,5	29-sep-15	7 días	B.1	06-oct-15
					B.2	
					B.3	
				14 días	B.4	13-oct-15
					B.5	
					B.6	
				28 días	B.7	27-oct-15
					B.8	
					B.9	
C	1 : 1,5 : 0,2	0,6	01-oct-15	7 días	C.1	08-oct-15
					C.2	
					C.3	
				14 días	C.4	15-oct-15
					C.5	
					C.6	
				28 días	C.7	29-oct-15
					C.8	
					C.9	
F	1 : 1,5 : 0,5	1	06-oct-15	7 días	F.1	13-oct-15
					F.2	
				14 días	F.3	20-oct-15
					F.4	
				28 días	F.5	03-nov-15
					F.6	
					F.7	

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se realizará un análisis de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en el Laboratorio de la UEES, los cuales se encuentran resumidos en las **Tabla 6**, **Tabla 7**, **Tabla 8** y **Tabla 9**. Para estas pruebas se mantuvo la misma cantidad de cemento y arena para cada dosificación.

Además, se puede observar el registro fotográfico de las muestras durante la prueba de compresión de los cubos y de los bloques en el Anexo D y de las viguetas luego de la prueba de flexión en el Anexo E.

Tabla 6

Tabla de cálculos y resultados de las muestras en cubos

	Proporción	Agua (litro)	Días	Muestra	Peso (gr.)	Carga (kg.)	Resistencia (kg/cm ²)	Densidad (gr./cm ³)	Resistencia en MPa
B	1 : 1,5 : 0,1	0,5	7 días	B.1	252	3.290	131,60	2,02	12,91
				B.2	252	4.420	176,80	2,02	17,34
				B.3	249	3.060	122,40	1,99	12,00
			14 días	B.4	256	4.060	162,40	2,05	15,93
				B.5	258	2.300	92,00	2,06	9,02
				B.6	248	4.000	160,00	1,98	15,69
			28 días	B.7	249	4.390	175,60	1,99	17,22
				B.8	248	4.570	182,80	1,98	17,93
				B.9	248	4.710	188,40	1,98	18,48
C	1 : 1,5 : 0,2	0,6	7 días	C.1	263	1.420	56,80	2,10	5,57
				C.2	258	1.500	60,00	2,06	5,88
				C.3	257	1.410	56,40	2,06	5,53
			14 días	C.4	251	3.520	140,80	2,01	13,81
				C.5	252	3.410	136,40	2,02	13,38
				C.6	259	3.210	128,40	2,07	12,59
			28 días	C.7	261	3.420	136,80	2,09	13,42
				C.8	262	3.750	150,00	2,10	14,71
				C.9	255	3.120	124,80	2,04	12,24
F	1 : 1,5 : 0,5	1	7 días	F.1	204	870	34,80	1,63	3,41
				F.2	211	940	37,60	1,69	3,69
			14 días	F.3	211	1.200	48,00	1,69	4,71
				F.4	213	1.120	44,80	1,70	4,39
			28 días	F.5	208	1.380	55,20	1,66	5,41
				F.6	200	1.250	50,00	1,60	4,90
				F.7	212	1.330	53,20	1,70	5,22

Fuente: Elaboración propia

Nota: 1) Los cálculos se realizaron de la siguiente forma:

Resistencia = Carga / Área

Resistencia en MPa: 1 kg/cm² = 0,09807 MPa

Densidad = Peso / Volumen

2) Área = 25 cm² Volumen = 125 cm³

A modo de referencia, se realizó el experimento con las proporciones restantes, es decir, con 0 gr., 300 gr. y 400 gr. de cascarilla para poder generar el diagrama de resistencias con fines de un estudio más explícito, se puede ver los resultados en la **Tabla 7**. Con los datos que se consiguieron se realizaron diagramas para un mejor entendimiento que se pueden ver en la **Figura 49** y en la **Figura 50**.

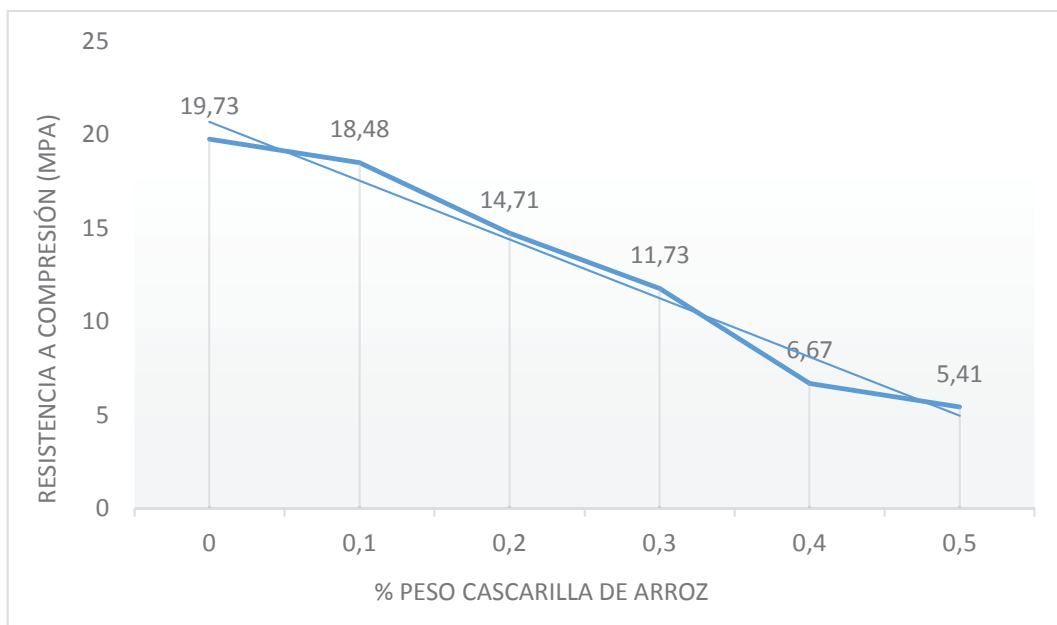
Tabla 7

Tabla de cálculos y resultados de las muestras en cubos

	Proporción	Agua (litro)	Días	Muestra	Peso (gr.)	Carga (kg.)	Resistencia (kg/cm ²)	Densidad (gr./cm ³)	Resistencia en MPa
A	1 : 1,5	0,5	7 días	A.1	253	2.350	94,00	2,02	9,22
			14 días	A.2	246	4.760	190,40	1,97	18,67
			28 días	A.3	257	5.030	201,20	2,06	19,73
D	1 : 1,5 : 0,3	0,7	7 días	D.1	229	1.320	52,80	1,83	5,18
			14 días	D.2	209	2.990	119,60	1,67	11,73
			28 días	D.3	229	2.520	100,80	1,83	9,89
E	1 : 1,5 : 0,4	0,8	7 días	E.1	205	930	37,20	1,64	3,65
			14 días	E.2	184	1.450	58,00	1,47	5,69
			28 días	E.3	212	1.700	68,00	1,70	6,67

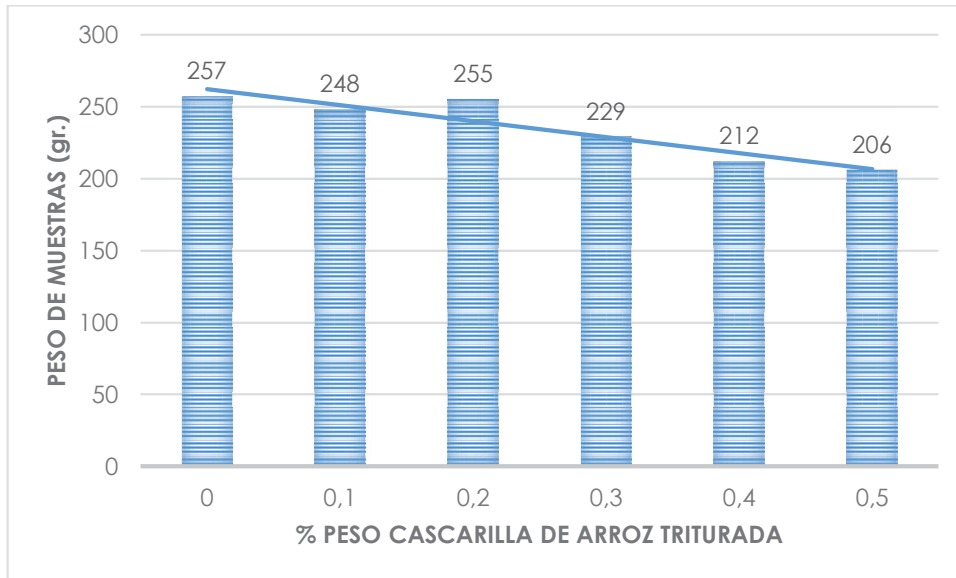
Fuente: Elaboración propia

Figura 49. Resistencia a compresión en función del % peso de cascarilla de arroz



Fuente: Elaboración propia

Figura 50. Peso de las muestras (gr.) en función del % peso de la cascarilla de arroz



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, luego de la prueba de resistencia a la compresión la proporción que resultó ser la más apta o idónea para sustituir un bloque aligerado tradicional es la proporción B.

Para entender los resultados, se debe mencionar que según el Ing. Alberto Villarino Otero (Escuela Politécnica Superior de Ávila, 2016), los hormigones estructurales por su densidad se dividen en tres categorías: Ligeros ($1200 - 2000 \text{ kg/m}^3$), Normales ($2000 - 2800 \text{ kg/m}^3$) y Pesados (más de 2800 kg/m^3). En consecuencia, se puede afirmar que el hormigón orgánico elaborado con cascarilla de arroz triturada se encuentra dentro de la categoría de hormigón estructural ligero.

A continuación, se muestran los resultados y los cálculos de las viguetas sometidas a la prueba de flexión.

Tabla 8

Tabla de cálculos y resultados de las viguetas a flexión

	Proporción	Agua (litro)	Días	Muestras	Peso (gr)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (Mpa)
A	1 : 1,5	0,5	28 días	-	-	-	20,12	1,97
B	1 : 1,5 : 0,1	0,5	7 días	1	4.582	820	27,26	2,67
				2	4.587	940	31,25	3,06
			28 días	3	4.582	930	30,91	3,03
				4	4.571	940	31,25	3,06
				5	4.596	980	32,58	3,19
				6	4.589	1.000	33,24	3,26

Nota: 1) Los cálculos se realizaron de la siguiente forma:

$$\text{Resistencia} = (3P \times L) / (2b \times h) \text{ kg/cm}^2$$

P = Carga máxima

L = Distancia entre los apoyos

b = Ancho de vigueta

h = Altura de vigueta

$$\text{Resistencia en MPa: } 1 \text{ kg/cm}^2 = 0,09807 \text{ MPa}$$

Fuente: Elaboración propia

Según la norma ASTM C78 – 09, la resistencia a la flexión del hormigón tradicional alcanza el 10% de la resistencia a la compresión. Entonces, tomando en cuenta la mayor resistencia a flexión que es de 33,24 kg/cm², se puede afirmar que representa el 17,64 % de la resistencia a compresión, que es de 188,40 kg/cm² de la Proporción B después de los 28 días; aprobando la norma indicada. Más aún, dando como resultado un hormigón orgánico más flexible y dúctil que el tradicional.

Paralelamente, debe considerarse la siguiente noción sobre la terminología usada para ordenar las clases de mortero, de manera que pueda concluirse la viabilidad de la muestra en esta categoría:

Inicialmente, los morteros eran clasificados en A-1, A-2, B, C y D (Tesis Universidad de Oriente, 2014) pero esto generó cierta confusión que llevaba a muchos arquitectos e ingenieros a nivel internacional, a seleccionar el tipo A como el mejor por su nomenclatura, cuando en realidad no estaban ordenados en orden de superioridad en eficiencia o

algo parecido. Por ello, las nuevas letras elegidas fueron M, S, N, O y K de acuerdo a las palabras inglesas *Mason Work* (Tesis Universidad de Oriente, 2014) quedando posteriormente eliminada la letra K. Estas tipologías se asignan de acuerdo a las propiedades de resistencia a la prueba de compresión, retención del agua y cantidad de aire.

Cada mortero muestra diferentes características. El tipo M es el que da más durabilidad por su mezcla de alta resistencia y por ello soporta gran compresión, entorno de congelación, fuerte impacto del viento o en terreno propenso a episodios sísmicos. Debe ser usado en estructuras que estén en contacto con el suelo tales como cimentaciones, tuberías, etc. (Tesis Universidad de Oriente, 2014). El tipo S alcanza la adherencia, tanto como es posible para un mortero. Es recomendable para compresión normal con alta necesidad de adherencia. El tipo N es de uso general a nivel del suelo, paredes internas y divisorias. Finalmente, el tipo O tiene baja resistencia y mucha cal usado para viviendas de uno a dos pisos, es el más utilizado por albañiles por su fácil manejabilidad y bajo costo (Tesis Universidad de Oriente, 2014). De acuerdo al mismo estudio, los estándares mínimos de resistencia para cada tipo mortero son:

M: 176 Kg/cm² (17.2 Mpa)

S: 127 Kg/cm² (12.4 Mpa)

N: 53 Kg/cm² (5.2 Mpa)

O: 25 Kg/cm² (2.4 Mpa)

Según lo indicado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización 2518:2010, en evidencia de los resultados, se puede decir que:

- La Proporción B sirve para morteros tipo M, S, N y O.
- La Proporción C sirve para morteros tipo S, N y O.
- La Proporción D sirve para morteros tipo N y O.
- La Proporción E sirve para morteros tipo N y O.
- La Proporción F sirve para morteros tipo N y O.

A continuación, se encuentra la tabla de resultados de la prueba de compresión del bloque ecológico.

Tabla 9

Tabla de cálculos y resultados del bloque de 14 x 7 x 29 cm con la proporción B

	Proporción	Agua (litro)	Días	Muestra	Peso (gr.)	Carga (kg.)	Resistencia (kg/cm ²)	Densidad (gr./cm ³)	Resistencia en MPa
B	1 : 1,5 : 0,1	0,5	28 d	5	4.554	5.120	258,32	1,62	25,33

Nota: 1) Resistencia = Carga / Área de contacto
 Resistencia en MPa: 1 kg/cm² = 0,09807 MPa
 Densidad = Peso / Volumen del bloque
 2) Volumen = 2.814,22 cm³

Fuente: Elaboración propia

Según la norma NTC 024, la resistencia a la compresión es la principal propiedad que deben tener las unidades de mampostería y puede variar dependiendo del tipo de mampostería que se vaya a elaborar. A continuación, en la **Tabla 10**, se pueden ver las resistencias mínimas requeridas para mampostería estructural y no estructural.

Tabla 10

Resistencia a la compresión para unidades de mampostería según sus requisitos estructurales

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (RC28) EVALUADA SOBRE EL ÁREA NETA PROMEDIO (Anp), VALOR MÍNIMO Mpa		
UNIDADES DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL		
CLASE	Promedio de 5 unidades	Individual
Alta	13	11
Baja	8	7
UNIDADES DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL		
	Promedio de 5 unidades	Individual
	6	5

Fuente: (Herrera & Guillermo Madrid, 2014)

Los dos tipos de clases de unidades, se basan en su resistencia y se explica que "la clase alta es de uso corriente, es decir, para todo tipo de construcciones, incluyendo edificios. La baja se utiliza fundamentalmente para construcciones de uno o dos pisos" (Herrera & Guillermo Madrid, 2014,

pág. 23). Según lo dicho, el bloque aligerado con cascarilla de arroz triturada es de alta resistencia.

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De acuerdo a los resultados, podemos señalar algunos beneficios que proporciona el uso del bloque seleccionado para el experimento. Sin embargo, hay que señalar que existen diversos tipos de bloques y combinaciones con materiales que pueden resultar en nuevos beneficios. A continuación, se analizan los beneficios de la composición del bloque del presente estudio.

Según la entrevista realizada a Francisco Villegas, dueño de la piladora "Las Marías", el costo de la cascarilla sería de \$60 por 12 toneladas, es decir, \$5 por tonelada (1000 kg). Basándonos en esta información se concluyó que un saco de 50kg de cascarilla de arroz tiene un costo de \$0,25.

Tabla 11

Cantidad de material para un bloque ecológico con la Proporción B

Proporción	Cemento (kg)	Arena (kg)	Cascarilla triturada (kg)	Agua (litro)
1 : 1,5 : 0,1	1,50	2,25	0,15	0,75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Cuadro de costo de material para un bloque ecológico

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
Cemento Portland	Saco	0,030	7,500	0,225
Arena	m3	0,001	8,560	0,009
Cascarilla de arroz	Saco	0,003	0,250	0,001
Agua	litro	0,750	0,001	0,001
TOTAL COSTO			\$	0,24

Fuente: Elaboración propia

Se debe considerar, que el cuadro es en realidad hipotético, ya que en muchos casos la cascarilla tiene un costo nulo según Villegas. Cabe

notar también que la proporción usada de cascarilla, es tal y no otra, para asegurar la resistencia del bloque de manera que sea competitivo frente al tradicional.

Por tanto, para 1 m² de pared se necesitan 43 bloques ecológicos; es decir, tiene un costo de \$ 10,32 por m². Por otro lado, un bloque pesado de concreto de 14x19x39 tiene rendimiento de 12.5 bloques por m², es decir, \$6.88 por m², siendo el segundo más económico. Sin embargo, el bloque aligerado investigado es una forma viable de generar reducción de gastos en responsabilidad ambiental y aún más, atraer buena imagen corporativa para los constructores.

El bloque producido con cascarilla de arroz, resulta más ligero y con propiedades aislantes como se menciona en la investigación realizada en la etapa de marco teórico. Esta característica junto con la resistencia y la economicidad de su producción, demuestra la viabilidad de su uso en la construcción. Además, al ser ligero será más resistente a los sismos.

Otra de las cualidades importantes de los elementos para mampostería reforzada, es su comportamiento a flexión porque ayuda al trabajo sismo resistente de la edificación. Se ha demostrado que el mortero investigado responde a esta de mejor manera cuando existen cantidades de cascarilla de arroz triturada en su mezcla.

También, una de las aplicaciones concretas donde un bloque ecológico puede ser aprovechado, es en programas sociales de autoconstrucción, para beneficiar a personas de escasos recursos que elaboran sus propias viviendas. De esta forma, no solo se trata de una solución en pro del medio ambiente, sino del desarrollo de zonas marginales o rurales, asegurando una vivienda apropiada para ser habitada.

En cuanto a la forma más óptima de utilizar este recurso, basándose en lo descrito dentro de la "Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado, la resistencia mínima recomendada para que el hormigón liviano pueda ser empleado en la construcción de elementos estructurales de un sistema constructivo ha de

ser de 25 Mpa" (Delgado Ollague, 2016). Por lo tanto, la mezcla experimental planteada por el presente proyecto, cumple los requisitos para ser utilizada como elemento estructural con la consideración del uso de refuerzos hechos de diferentes materiales de resistencia probada tales como acero o madera. Podría usarse incluso un refuerzo de caña dado que este último ha probado mantener su resistencia constante luego de 50 años (Terreros, 2014).

4.2 CONCLUSIONES

Luego de terminar el estudio para determinar la viabilidad del bloque aligerado con cascarilla de arroz triturada para la mampostería reforzada, se puede concluir que:

El bloque es una forma viable de reducir de gastos en responsabilidad ambiental y atraer buena imagen corporativa para los constructores.

La cascarilla de arroz triturada, posee elementos dentro de la composición, que permiten una mejor adhesión cuando es mezclada en el producto del bloque, actuando como aditivo estructurante. Siendo un elemento natural, posee características propias que lo hacen un candidato viable para ser ingresado en procedimientos de construcción.

Entre las ventajas se encuentran la economicidad del bloque, la ligereza y fácil aplicabilidad para programas sociales de autoconstrucción, entre otros. Además, al trabajar con cascarilla triturada el resultado es estéticamente mejor que al no triturarla.

Dentro de la experimentación, al aumentar el volumen de cascarilla de arroz, el bloque se vuelve más propenso a quebrarse o dañarse con el tiempo. Por ello, la precisión de la cantidad elegida, es clave para asegurar el equilibrio en la mezcla, resultando en un bloque con una gran resistencia a la compresión y, por consiguiente, idóneo para la mampostería reforzada.

Se comprobó que el mortero compuesto por cemento, arena y cascarilla de arroz triturada, en las medidas indicadas dentro de la

experimentación, sirve como mezcla eficaz para la elaboración de bloques para mampostería reforzada. Tanto su estructura como su resistencia probaron ser adecuadas para el objetivo buscado.

Luego de los ensayos, se pudo comprobar que, debido a su resistencia y flexión, la cascarilla de arroz puede ser usada como agregado para hormigón liviano orgánico y de esta forma puede ser usado con las mismas funciones que tiene un hormigón liviano tradicional o inorgánico.

Si el uso de la cascarilla logra un ahorro considerable dentro de la producción de bloques, el mismo producto con incluso proporciones mayores y por tanto de menor resistencia, pueden usarse adecuadamente como relleno de mortero.

Pese a que la mayor resistencia está en los bloques tradicionales, los bloques ecológicos aligerados con cascarilla de arroz triturada son resistentes y aptos para el uso en construcción, teniendo además ventajas únicas mencionadas en el estudio.

A través del estudio teórico y experimental, se plantea la posibilidad de encontrar distintos y nuevos productos y subproductos que sirvan como elementos alternativos para la elaboración de bloques. Así mismo, estos insumos pueden ser parte de experimentos e investigaciones con diversos fines más allá de los bloques, como pueden ser: tableros aglomerados, cubiertas, soluciones acústicas y decorativas, etc.

La arquitectura con el paso del tiempo, puede ser un importante motor de investigación para el desarrollo económico, social y ecológico; sirviendo al objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas.

Los proyectos universitarios toman de la teoría el recurso principal para la aplicación de soluciones concretas a problemas reales en el entorno. De esta manera, un experimento como el de la cascarilla de arroz triturada puede dar luces para posteriores estudios que profundicen en los alcances de la arquitectura en el cambio social.

4.3 RECOMENDACIONES PARA POSTERIORES EXPERIMENTOS A PARTIR DE ESTE ESTUDIO

- Tomar en cuenta que la investigación se hizo con cierto grado de trituración de la cascarilla. Por ello, queda abierta la oportunidad de realizar experimentos con más o menos niveles de trituración y observar los respectivos resultados.
- Para posteriores experimentos, se podría realizar mezclas de diferentes residuos o subproductos industriales. Además, variar las proporciones de los materiales usados. Existen infinitas maneras de realizar la mezcla.
- Hay que considerar que un bloque sin la debida hidratación puede derivar en resultados parciales, incongruentes o manipulados. El tiempo de reposo necesario para cada bloque es indispensable y obligatorio.
- Usar los equipos del laboratorio adecuados al menos para la experimentación; solo así se puede garantizar la precisión y exactitud de los resultados.
- Es importante conocer que existen nuevas categorías y equivalencias con respecto al cemento Portland. Las variaciones podrían tener impacto en los materiales elegidos para el experimento.
- Los bloques de prueba fueron realizados manualmente, por lo que la evidencia es un soporte visual a un estudio teórico de la viabilidad del bloque, ya que el proceso óptimo implica el uso de tecnología de producción masiva. Por esta misma razón, se realizaron más de una prueba con el objetivo de obtener un valor promedio.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto mexicano del cemento y del concreto . (2008, Diciembre).
<http://www.imcyc.com/>. Retrieved from
<http://www.imcyc.com/ct2008/dic08/dic08/images/pdf/PROBLEMAS.pdf>
- Abilia. (2016). *www.conciencia-sustentable.abilia.mx*. Retrieved febrero 28, 2016, from *www.conciencia-sustentable.abilia.mx*: <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/mexicanos-brillan-con-ladrillos-sustentables-tipo-lego/>
- Acero, H. E., & Rodriguez, J. (2015). REEMPLAZO DEL DIESEL POR CASCARILLA DE ARROZ PARA GENERACION DE VAPOR. Guayaquil, Guayas, Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- Alibaba. (2016, febrero 29). *alibaba.com*. Retrieved from *alibaba.com*:
<http://portuguese.alibaba.com/p-detail/pr%C3%AAmio-eco-2700-tijolo-ecol%C3%B3gico-fabrica-prensas-de-tijolos-ecol%C3%B3gicos-900000720169.html>
- Alienergy. (2010). *www.alienergy.com.co*. Retrieved diciembre 7, 2015, from http://www.alienergy.com.co/proyectos_3.html
- Apicio, M. G. (1987). *Cocina Romana*. Madrid, España: Coloquio.
- Architecture Lab. (2015, abril 17). *Architecture Lab*. Retrieved mayo 24, 2016, from <http://architecturelab.net/jewel-box-switzerland-dps-studio/>
- Arqhys. (2014). *arqhys*. Retrieved mayo 21, 2016, from <http://www.arqhys.com/articulos/ambiente-arquitectura.html>
- Arquitectura ambiental. (2016). *Arquitectura ambiental*. Retrieved mayo 20, 2016, from <http://www.arquitecturaambiental.com/urbanismo-sostenible-2/>
- Arquitectura Ambiental. (2016). *arquitectura ambiental*. Retrieved mayo 20, 2016, from <http://www.arquitecturaambiental.com/mision/>
- Arquitectura de casas. (2011, julio 9). *Arquitectura de casas*. Retrieved from <http://blog.arquitecturadecasas.info/2011/07/casas-modernas-economicas-y-rapidas.html>
- Arroz Miraflores. (2015). *www.miraflores.cl*. Retrieved diciembre 5, 2015, from <http://www.miraflores.cl/historia-del-arroz/>
- Biblioteca Virtual del Banco de la República. (2005). *My Profe Tecnología*. Retrieved diciembre 5, 2015, from <https://myprofetecnologia.wordpress.com/2011/07/31/materiales-de-construccion/>
- Carrasco, I. F. (2006, Marzo). <http://usuarios.fceia.unr.edu.ar/>. Retrieved from <http://usuarios.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Apuntes%20Tecnolog%C3%ADa%20del%20Hormig%C3%B3n%20UTN%20FRSF/Unidad%2011%20-%20%20HORMIGONES%20ESPECIALES.pdf>
- Carrasco, I. F. (2013, abril). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - Facultad regional Santa Fe*. Retrieved from
-

-
- <http://usuarios.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Apuntes%20Tecnolog%C3%ADa%20del%20Hormig%C3%B3n%20UTN%20FRSF/Unidad%204%20-%20AGUA%20PARA%20MORTEROS%20Y%20HORMIGONES.pdf>
- Catálogo Diseño. (2015, abril 1). *Catálogo Diseño*. Retrieved mayo 21, 2016, from <http://www.catalogodisenio.com/2015/04/01/jose-luis-munoz-munoz/>
- Cemex. (2016). www.cemexcolombia.com. Retrieved febrero 23, 2016, from <http://www.cemexcolombia.com/SolucionesConstructor/PegaPanete.aspx>
- Chang, X. F. (1990, diciembre 7). Modelo predictivo de combustión de la cascarilla de arroz. *Proyecto de grado - ESPOL*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- CM Proyectos. (2015). www.constructoracmproyectos.com. Retrieved diciembre 7, 2015, from <http://constructoracmproyectos.com/que-es-mamposteria-en-construccion/>
- Collado Trabanco, P. (2005). *MANUAL PRÁCTICO DEL ENCARGADO DE OBRA*. LEX NOVA.
- De Máquinas y Herramientas. (2012, julio 20). www.demaquinasyherramientas.com. Retrieved febrero 23, 2016, from www.demaquinasyherramientas.com: <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/plomadas-para-la-construccion>
- Definición.de. (2015, diciembre 5). *Definición.De*. Retrieved from *Definición.De*: <http://definicion.de/arquitectura/>
- Delgado Ollague, G. (2016). *DISEÑO DE UN MODELO DE VIVIENDA SOCIAL IMPLEMENTANDO EL HORMIGÓN CON FIBRAS DE MADERA*. Guayaquil.
- Delgado Ormaza, I. F. (2011). [ecuaquimica.com](http://www.ecuaquimica.com). Retrieved from [ecuaquimica.com](http://www.ecuaquimica.com): http://www.ecuaquimica.com/info_tecnica_arroz.pdf
- Dhir, N. (2003). *Sustainable Waste Management*. Londres, Reino Unido.
- Diario El Universo. (2009, noviembre 29). *El Universo*. Retrieved from *El Universo*: <http://www.eluniverso.com/2009/11/29/1/1430/un-proyecto-cascarilla-arroz-ayuda-ambiente.html>
- Diario El Universo. (2009, noviembre 29). *El Universo*. Retrieved from *Vida y Estilo*: <http://www.eluniverso.com/2009/11/29/1/1430/un-proyecto-cascarilla-arroz-ayuda-ambiente.html>
- Echeverría Cruz, M. A., & López Mena, O. A. (2010). Caracterización energética de la cascarilla de arroz para su aplicación en la generación de energía termoeléctrica. *Proyecto previo a la obtención de título de ingeniero mecánico - ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Echeverría Cruz, M. A., & López Mena, O. A. (2010). Caracterización energética de la cascarilla de arroz para su aplicación en la generación de energía termoeléctrica. *Proyecto previo a la obtención de título de ingeniero mecánico*. Quito, Pichincha, Ecuador.
-

-
- Ecured. (2012, marzo 12). www.ecured.cu. Retrieved diciembre 7, 2015, from <http://www.ecured.cu/S%C3%ADlice>
- Ecured. (2015). www.ecured.cu. Retrieved diciembre 5, 2015, from http://www.ecured.cu/Anexo:Historia_del_arroz
- El Universo. (2014, abril 23). www.eluniverso.com. Retrieved diciembre 5, 2015, from <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/04/23/nota/2815506/sectores-construccion-petroleo-minas-dinamizaron-crecimiento>
- Escuela Politécnica Superior de Ávila. (2016, mayo). <http://ocw.usal.es/>. Retrieved from <http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/ciencia-y-tecnologia-de-los-materiales/contenido/TEMA%206-%20EL%20HORMIGON.pdf>
- ESPOL. (2009). *Repositorio de ESPOL - DSpace*. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5940/2/El%20agua%20para%20%20Morteros.pdf>
- ESPOL. (2016, mayo 31). www.dspace.espol.edu.ec. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10056/1/Hormigones%20Liviamos.pdf>
- Etimologías de Chile. (2015, diciembre 7). www.etimologias.dechile.net. Retrieved diciembre 7, 2015, from <http://etimologias.dechile.net/?arroz>
- Flexómetro Galeón. (2016). <http://flexometro.galeon.com/>. Retrieved febrero 23, 2016, from <http://flexometro.galeon.com/>: <http://flexometro.galeon.com/>
- Guamán Aldaz, S. S. (2011). <http://www.cib.espol.edu.ec>. Retrieved mayo 30, 2016, from http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-92702.pdf
- Herrera, A. M., & Guillermo Madrid, V. G. (2014, Mayo 28). <http://sistemamid.com/>. Retrieved from <http://sistemamid.com/>: http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28_07-13-27103477.pdf
- Holcim Ecuador S.A. (2012, agosto 1). <http://construyeconconfianza.com>. Retrieved from http://construyeconconfianza.com/pdfs/holcim_cementos_normativas_2014.pdf
- Holcim Ecuador S.A. (2013). <http://www.holcim.com.ec>. Retrieved from http://www.holcim.com.ec/fileadmin/templates/EC/doc/Archivos_varios/Folleto_Cemento_Holcim_GU.pdf
- Holcim Ecuador S.A. (2014). *Memoria de sostenibilidad 2014*. Guayaquil.
- INEN. (2010, enero 19). law.resource.org. Retrieved from law.resource.org: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0151.2010.pdf>
- InspirAction. (2009). www.inspiration.org. Retrieved diciembre 5, 2015, from <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/reciclaje/material-reciclado>
-

-
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2016). *ministeriodesalud.gov.cr*. Retrieved febrero 23, 2016, from *ministeriodesalud.gov.cr*:
https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj1-rbKoi_LAhUEFR4KHeQ4AV4QFggaMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.ministeriodesalud.gov.cr%2Fgestores_en_salud%2FpozoAB-1089%2Finyeccion.pps&usg=AFQjCNGKyciUA7NQ_5ovCviNUd2LL_oZrg&sig2=lpJ02wvYO-F4Xu87q_6GEA
- Inversiones Piantanida. (2014, enero 19). *www.youtube.com/*. Retrieved febrero 28, 2016, from *www.youtube.com/*:
https://www.youtube.com/watch?v=FmqB_mubZbl
- Jurado, P. L., Mutuberría, J. F., Oliver, N., Charadia, R., Bruhl, S. P., & García, M. C. (2003, febrero 17). DISEÑO DE UN PROCESO DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES. *DISEÑO DE UN PROCESO DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES*. Concepción de Uruguay, Entre Ríos, Argentina.
- KREIKER, J., ANDRADA, C., POSITIERI, M. J., & GATANI, M. (2014). <http://ceve.org.ar>. (J. KREIKER, C. ANDRADA, M. J. POSITIERI, & M. GATANI, Producers) Retrieved febrero 28, 2016, from <http://ceve.org.ar>:
http://ceve.org.ar/archivos/articulos/Study_peanut_husk_properties.pdf
- L., D. d. (2007). *www.cybertesis.uach.cl*. Retrieved diciembre 7, 2015, from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/far696d/doc/far696d.pdf>
- La cascarilla de arroz como fuente de SiO₂. (2007, septiembre). *www.redalyc.org*. Retrieved diciembre 7, 2015, from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43004102>
- Ladrillera Santafé. (2012, junio 20). *youtube.com*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=Qm2cJPFTpZI>
- Lasso Benítez, L., Cruz Espinosa, G., & Haro Prado, R. (n.d.). *CLIRSEN*. Retrieved from <http://www.cepeige.org/Revista3/ZONIFICACION%20AGROECOLOGICA.pdf>
- Layher. (2016). *www.layher.es*. Retrieved febrero 23, 2016, from *www.layher.es*:
<http://www.layher.es/andamio>
- Los materiales de construcción. (2015). *www.iespoetaclaudio.centros.educa.jcyl.es/*. Retrieved diciembre 5, 2015, from http://iespoetaclaudio.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/mat_construccion_b11.pdf
- MAGAP. (2015). *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*. Retrieved from <http://sinagap.agricultura.gob.ec/estadisticas>
- Máquinas ladrilleras y bloqueras. (2013, abril 26). Retrieved from <http://ladrilleras-y-ladrillos.blogspot.com/>
-

-
- Marten, T. (2014). *eHow en Español*. Retrieved from eHow en Español:
http://www.ehowenespanol.com/metodos-materiales-proceso-construccion-casa-info_258341/
- Mercedez, R. E. (2013). *www.arqhys.com*. Retrieved diciembre 5, 2015, from
<http://www.arqhys.com/construccion/materiales-resistencia.html>
- Millarium. (2008). *www.millarium.com*. Retrieved diciembre 5, 2015, from
<http://www.millarium.com/Bibliografia/Monografias/Puentes/Materiales.asp>
- Novarroz. (2015). *www.novarroz.pt*. Retrieved diciembre 5, 2015, from
<http://novarroz.pt/es/mundo-do-arroz/historia-do-arroz/a-origem-da-cultura-do-arroz-asia-neolitica/>
- Occiarcillas. (2016). <http://occiarcillas.com/>. Retrieved from
<http://occiarcillas.com/newsletter/boletin-de-noticias-24/?frame=0>
- Parra Arteaga, A. (2007). *TABLEROS AGLOMERADOS DE CÁSCARA DE ARROZ PARA LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA CAMPESINA*. Guayaquil.
- Pellini, C. (2014, septiembre 23). *www.historyaybiografias.com*. Retrieved diciembre 7, 2015, from <http://historyaybiografias.com/arroz/>
- Proaño Cadena, G. (2009). *Repositorio de ESPOL - DSpace*. Retrieved from
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5940/2/El%20agua%20para%20%20Morteros.pdf>
- Productos de Concreto. (2013). *www.pc.cr*. Retrieved diciembre 7, 2015, from
http://pc.cr/productos_bloques.php
- Reutiliz. (2011, noviembre 14). *www.reutiliz.blogspot.com*. Retrieved diciembre 7, 2015, from <http://reutiliz.blogspot.com/2012/11/la-historia-del-reciclaje.html>
- Revista Líderes. (2015, febrero 1). *www.revistalideres.ec*. Retrieved diciembre 5, 2015, from <http://www.revistalideres.ec/lideres/construccion-sector-clave-economia-ecuador.html>
- Sáenz, F. C. (2002, noviembre 10). *www.drcalderonlabs.com*. Retrieved diciembre 5, 2015, from
http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm
- Sánchez Ortiz, J. J. (2016). *www.enbuenasmanos.com*. Retrieved febrero 28, 2016, from www.enbuenasmanos.com:
<http://www.enbuenasmanos.com/ladrillos-ecologicos>
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro. *Biotecnología*, 14-46.
- Terreros, P. (2014). *Materiales de construcción*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Tesis Universidad de Oriente. (2014). *www.univo.edu.sv*. Retrieved abril 4, 2016, from http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/015455/015455_Cap2.pdf
-

-
- Tesis Universidad de Oriente. (2014). www.univo.edu.sv. Retrieved abril 4, 2016, from http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/015455/015455_Cap2.pdf
- Trend Hunter. (2013, agosto 8). *trend hunter*. Retrieved mayo 22, 2016, from <http://www.trendhunter.com/slideshow/lumberjackinspired-looks>
- Universidad de Santiago de Compostela. (2016, mayo). www.usc.es. Retrieved from http://www.usc.es/ingmat/?page_id=1552
- Universidad Nacional. (2010). www.datateca.unad.edu.co. Retrieved diciembre 5, 2015, from http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/leccin__18_mampostera_estructural.html
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2016). www.ingenieria.unam.mx. Retrieved febrero 23, 2016, from [www.ingenieria.unam.mx: http://www.ingenieria.unam.mx/~luisr/ECyM_43327/ACERO_REFUERZO.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/~luisr/ECyM_43327/ACERO_REFUERZO.pdf)
- Universidad Nacional de Colombia. (2012, Julio 7). *bdigital Portal de revistas UN*. Retrieved from <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/28275/43524>
- Universidad Pública de Navarra. (2011, junio). <http://academica-e.unavarra.es/>. Retrieved from <http://academica-e.unavarra.es/>: <http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villegas, F. (2015, diciembre 7). Funcionamiento de una piladora de arroz. (M. Peralta, Interviewer) Santa Lucía, Guayas, Ecuador.

Fuentes de información (material de apoyo)

- <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.n.te.0638.1993.pdf>
- https://www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/Tema9.pdf
- http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3173_C.pdf

ANEXOS

ANEXO A Requerimientos edafológicos y climáticos del arroz, maíz duro y caña de azúcar

GRUPO	CEREALES	GRAMINEAS	PLANTACIONES
Nombre común	ARROZ	MAÍZ DURO	CAÑA DE AZÚCAR
Nombre científico	<i>Oryza sativa</i> L.	<i>Zea mays</i> L.	<i>Saccharum officinarum</i> L.
Familia	Poaceae	Poaceae	Poaceae
Modo de asimilación fotosintética	C4	C4	C4
Temperatura óptima °C	22 a 30	20 a 27	20 a 28
Altitud m.s.n.m.	1 a 1.500	1 a 1.600	500 a 1.500
Precipitación mm	800 a 1.240	500 a 2.000	1.400 a 1.800
Luminosidad	1.000 horas sol/año	1.000 a 1.500 horas sol/año	5 a 9 horas sol/día
Textura del suelo	Arc, Fco-Arc, Arc-L, Fco-L	Fco, Fco-Arc, Fco-L, Fco-Ar, Fco-Arc-L, Fco-Arc-Ar	Fco-L, Fco-Ar, Fco, Fco-Arc, Fco-Arc-Ar
pH óptimo	6,5 a 7,5	5,5 a 7,5	5,5 a 7,5
Salinidad	Sin	Sin	Medianamente tolerante
Profundidad efectiva del suelo	Moderadamente profundos	Profundos	Profundos
Drenaje del suelo	Bueno, soporta mal drenaje	Buen drenaje	Buen drenaje
Pendiente	0 a 5 %	hasta 25 %	0 a 12 %
Pedregosidad del suelo	Sin	Sin	Sin
Topografía	Planos y casi planos	Medianamente ondulados	Planos, casi planos y ligeramente ondulados
Nivel freático del suelo	Medianamente profundos	Profundo	Profundo
Época de siembra del cultivo	Diciembre a enero; junio a julio (con riego)	Diciembre a enero; mayo a junio	Todo el año
Época de cosecha del cultivo	Mayo a junio; septiembre a octubre (con riego)	Abril a mayo; septiembre a octubre	Todo el año
Duración del ciclo del cultivo	120 a 140 días	120 días	10 a 30 meses

Fuente: Tomada de Lasso, Cruz y Haro (CLIRSEN, pág. 6)

ANEXO B Registro fotográfico de la piladora "Las Marías"

1. Visita a la piladora "Las Marías"



2. Vista panorámica de piladora "Las Marías"



3. Arroz con cascarilla antes de ser secado y pelado



4. Secado del arroz aún no pelado en terrazas



5. Hornos que utilizan la cascarilla de arroz para mandar calor y secar el arroz en las terrazas antes de ser pelado



6. Incineración de la cascarilla de arroz sobrante



7. Maquinaria para proceso de limpieza del arroz sin cascarilla



8. Arroz pelado y limpio listo para ser empaquetado



Fuente: Elaboración propia

ANEXO C Instrumentos utilizados para desarrollar el experimento

1. Molino



2. Molde de bloque ecológico



3. Balanza de laboratorio eléctrica



4. Molde para viguetas



5 Moldes para piezas cúbicas triples de 5 cm



6. Mezcladora






7. Equipo digital para pruebas de compresión






Fuente: Elaboración propia

ANEXO D Registro fotográfico de las muestras después de la prueba a compresión

Registro de la Proporción B (1:1,5:0,1) del 29 de septiembre 2015		
7 días	14 días	28 días
		

Registro de la Proporción C (1:1,5:0,2) del 1 de octubre 2015		
7 días	14 días	28 días
		

Registro de la Proporción F (1:1,5:0,5) del 6 de octubre 2015		
7 días	14 días	28 días
		

Fuente: Elaboración propia

Registro de la muestra del bloque con Proporción B , a los 14 días	
Antes de compresión	Después de compresión
	
	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO E Registro fotográfico de las muestras en la prueba de flexión

Registro de la muestra de las viguetas con Proporción A , a los 7 y 28 días	
Antes de flexión	Después de flexión
	

Fuente: Elaboración propia





UN PROBLEMA
UN OBJETIVO
UN BLOQUE

eco

is the new

arch