



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**ELABORACIÓN DE BLOQUES DE AISLANTE TÉRMICO CON BIOMASA DE LA CASCARILLA  
DE ARROZ PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERO EN ENERGÍA**

**PRESENTADO POR:**

**21751037 ANDREA JULIETTE TALAVERA MEDINA**

**21741178 JULIO RENÉ PACHECO TURCIOS**

**ASESOR: ING. VIELKA BARAHONA**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA, OCTUBRE 2022**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado a mis padres y mis hermanos, quienes siempre me apoyaron y me brindaron su amor y paciencia para poder cumplir con este logro.

- **Andrea Talavera**

Dedico esta investigación a mi mamá, abuela y hermanas, quienes me brindaron su apoyo y amor de forma incondicional durante estos últimos 5 años.

- **Julio Pacheco**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecerles a mis padres, a mis hermanos y demás familiares, su apoyo y motivación a lo largo de los años ha sido esencial para poder lograr este logro. A mis amigos Linda, Cesar y Julio por el apoyo y palabras de aliento, gracias por ser los mejores compañeros y amigos que se puede tener.

- **Andrea Talavera**

A mi mamá, abuela, hermanas y cuñados, sin su apoyo, nada de esto hubiese sido posible, gracias por ese apoyo incondicional durante estos años. A mis amigos: Carlos, Diego, Emilio, Diego D, Simon, Andrés, Juank y Lizi, gracias a ustedes también por todo el apoyo, mundo aparte y palabras durante todos estos años, tampoco se hubiese logrado sin ustedes. De igual forma, Andrea y Cesar, gracias a ustedes, sin su apoyo y desvelos en Discord, no se hubiese podido llegar a este punto.

- **Julio Pacheco**

## RESUMEN

Honduras es conocido por ser productor de granos básicos como: café, maíz, arroz y se producen millones de quintales de estos anualmente. Solo en arroz se producen alrededor de un millón quinientos mil quintales, de este peso la cascarilla del arroz representa un 20%, lo cual serian alrededor de tres cientos mil quintales. Toda esta cascarilla es desechada por medio de la incineración al aire libre, esto libera emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera y daña el suelo donde fue incinerado. De igual forma, con el pasar de los años se ha visto un incremento considerable en la factura de energía, por lo que buscar medidas que implementen ahorro y eficiencia energética es prácticamente un requisito para así poder gozar de comodidades sin el peso de sacrificar otras cosas para obtenerla. Con esto en mente, se plantea la alternativa presentada en este trabajo: elaborar bloques utilizando la biomasa de la cáscara del arroz y hormigón. Para así poder aprovechar un desecho que representaba una amenaza al medio ambiente y consigue crear una medida de implementación de eficiencia energética y por consecuencia, impulsando a la población a ahorrar energía. En este trabajo se plantearon tres escenarios de bloques para determinar que combinación de mezcla es la que mejores resultados presenta, para poder obtener este resultado se realizó una evaluación tecno-económica. Dentro de esta se hicieron pruebas de: conductividad térmica, resistencia a la compresión, degradación por humedad y, por último, pruebas de absorción de humedad. En cuanto a la factibilidad económica, se realizó un análisis financiero para cada escenario con los costos requeridos para su elaboración. Dentro de dicho análisis financiero se incluyen valores como: costos individuales de los materiales (cascarilla del arroz, cemento y arena) y también el costo de mano de obra total. Se espera que este trabajo pueda ser utilizado como una guía para empresas constructoras o personas con sed de innovación para así poder innovar el sector de construcción y las comodidades en las viviendas de la población hondureña.

**Palabras clave:** cáscara de arroz, eficiencia energética, aislante térmico

## **ABSTRACT**

Honduras is known for being a producer of basic grains such as coffee, corn, rice and millions of quintals of these are produced annually. Only in rice about one million five hundred thousand quintals are produced, of this weight the rice husk represents 20%, which would be about three hundred thousand quintals. All this husk is discarded by means of outdoor incineration, this releases carbon dioxide emissions into the atmosphere and damages the soil where it was incinerated. In the same way, over the years there has been a considerable increase in the energy bill, so looking for measures that implement savings and energy efficiency is practically a requirement in order to enjoy comforts without the weight of sacrificing other things to obtain it. With this in mind, the alternative presented in this paper is proposed: to elaborate blocks using rice husk biomass and concrete. In order to take advantage of a waste that represented a threat to the environment and manages to create an energy efficiency implementation measure and consequently, encouraging the population to save energy. In this work, three block scenarios were proposed to determine which combination of mixture is the one with the best results, in order to obtain this result, a techno-economic evaluation was carried out. Within this, tests were carried out for: thermal conductivity, compressive strength, moisture degradation and, finally, moisture absorption tests. Regarding the economic feasibility, a financial analysis was carried out for each scenario with the costs required for its elaboration. Within this financial analysis, values such as: individual costs of materials (rice husk, cement and sand) and also the total labor cost are included. It is hoped that this work can be used as a guide for construction companies or people with a thirst for innovation in order to innovate the construction sector and the comforts in the homes of the Honduran population.

**Keywords:** rice husk, energy efficiency, thermal insulator

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción .....	1
II.	Planteamiento del problema.....	5
	2.1. Precedentes del problema .....	5
	2.2. Definición del problema.....	6
	2.3. Justificación.....	6
	2.3. Preguntas de investigación.....	8
	2.4. Objetivos.....	9
	2.4.1 Objetivo general.....	9
	2.4.2 Objetivos específicos.....	9
III.	Marco teórico.....	10
	3.1. Biomasa utilizada en edificaciones a nivel mundial .....	10
	3.2. Biomasa disponible en Honduras.....	10
	3.2.1 Conceptualización.....	11
	3.2.2. Biomasa de la Cáscara de Arroz .....	11
	3.3. Eficiencia Energética .....	11
	3.3.1 Conceptualización .....	13
	3.3.2. Teoría de sustento.....	13
	3.4. Características de los bloques de construcción .....	14
	3.4.1. Coeficiente de Conductividad Térmica.....	14
	3.4.2. Resistencia .....	15
	3.4.3. Durabilidad .....	16
	3.4.4. Aislantes térmicos .....	16
	3.5. Desarrollo Sostenible .....	20
	3.5.1. Definiciones de Desarrollo Sostenible .....	20
	3.5.2. Pilares.....	20

3.5.3.	Sistemas Necesarios para un Desarrollo Sostenible .....	21
3.5.4.	Consideraciones para el Desarrollo Sostenible .....	22
3.6.	Construcciones Sostenibles .....	22
3.6.1.	Características de Construcciones Sostenibles .....	23
3.6.2.	Consideraciones en Construcciones Sostenibles .....	23
3.6.3.	Materiales biológicos.....	24
3.6.4.	Beneficios de las construcciones sostenibles .....	25
3.7.	Cambio Climático .....	25
3.7.1.	Emisiones de CO2 .....	25
3.7.2.	Impacto del Cambio Climático en el sector de Edificación .....	26
3.8.	Bloques de Cáscara de Arroz .....	27
3.9.	Marco Legal .....	27
IV.	Metodología.....	29
4.1.	Enfoque.....	29
4.2.	Variables de investigación.....	30
4.2.1.	Variables Independientes.....	30
4.2.2.	Variables Dependientes .....	31
4.3.	Técnicas e instrumentos aplicados .....	32
4.3.1.	Entrevistas .....	32
4.3.2.	Placa Caliente.....	32
4.3.3.	Máquina Manual Vibrocompactadora de Bloques.....	32
4.3.4.	Prensa Hidráulica.....	33
4.3.5.	Báscula.....	34
4.3.6.	Método de Medición de Humedad .....	34
4.3.7.	Ensayo de degradación por medio de humectación y secado.....	34
4.3.8.	Resistencia a la compresión .....	34
4.3.9.	Microsoft Excel .....	34
4.4.	Materiales .....	35

4.4.1.	Cáscara de arroz .....	35
4.4.2.	Cemento (Hormigón).....	36
4.4.3.	Agua.....	36
4.4.4.	Arena.....	37
4.4.5.	Moldes de los bloques.....	37
4.5.	Población y muestra .....	39
4.6.	Metodología de estudio .....	41
4.6.1.	Diseño de Bloques.....	41
4.6.2.	Mezcla a utilizar .....	44
4.6.3.	Proceso de Fabricación .....	47
4.6.4.	Mediciones de los Bloques Elaborados .....	52
4.7.	Metodología de validación .....	54
4.7.1.	Resultados Esperados.....	54
4.8.	Cronograma de actividades.....	54
V.	Resultados y análisis.....	55
5.1.	Datos Obtenidos .....	55
5.1.1.	Análisis de las propiedades los bloques de hormigón con cáscara de arroz	60
5.1.2.	Flujo de Calor.....	60
5.1.3.	Conductividad .....	63
5.1.3.	Resistencia .....	65
5.1.4.	Humedad.....	68
5.1.5.	Degradación.....	73
5.2.	Análisis económico de la fabricación de los bloques en los tres escenarios.....	78
5.3.	Análisis comparativo de los bloques elaborados en los tres escenarios.....	81
5.4.	Análisis comparativo entre bloques elaborados con cascara de arroz y bloques comerciales.....	82
5.5.	Eficiencia energética de los bloques elaborados.....	83
VI.	Conclusiones .....	84



VII.	Limitaciones.....	86
VIII.	Recomendaciones.....	87
IX.	Bibliografía.....	88
X.	Anexos.....	90

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama Conceptual de la Elaboración de los bloques utilizando la biomasa de la cáscara de arroz.....	3
Ilustración 2 Pilares Fundamentales para el Desarrollo Sostenible.....	21
Ilustración 3 Enfoque, diseño y alcance de la investigación.....	29
Ilustración 4 Variables de Investigación .....	30
Ilustración 5 Variables Independientes de la Investigación .....	31
Ilustración 6 Variables Dependientes de la Investigación .....	31
Ilustración 7 Máquina Manual Vibro compactadora de Bloques .....	33
Ilustración 8 Prensa Hidráulica Manual .....	33
Ilustración 9 Cáscara de arroz .....	35
Ilustración 10 Cemento Bijao.....	36
Ilustración 11 Agua.....	36
Ilustración 12 Arena .....	37
Ilustración 13 Molde de los bloques.....	38
Ilustración 14 Mesa de soporte de los bloques.....	38
Ilustración 15 Ubicación de Bloquera Mendoza.....	39
Ilustración 16 Ubicación de beneficio de arroz San Jorge .....	40
Ilustración 17 Puntos de referencia geográficos.....	40
Ilustración 18 Metodología de Estudio.....	41
Ilustración 19 Maquina Manual Vibro compactadora de Bloques .....	42
Ilustración 20 Molde de los bloques.....	43

Ilustración 21 Dimensiones del bloque .....	43
Ilustración 22 Mezcla con mayor cantidad de cáscara de arroz .....	44
Ilustración 23 Mezcla con igual cantidad de cáscara de arroz y cemento .....	45
Ilustración 24 Mezcla con menor cantidad de cáscara de arroz .....	46
Ilustración 25 Realización de las mezclas para los escenarios planteados .....	47
Ilustración 26 Introducción de la mezcla en la prensa hidráulica.....	48
Ilustración 27 Retiración de exceso de mezcla de la maquina .....	49
Ilustración 28 Compactación de la mezcla en los bloques .....	49
Ilustración 29 Maquina Manual Vibrocompactadora de Bloques .....	50
Ilustración 30 Bloques elaborados con mayor cantidad cáscara de arroz en la mezcla .....	51
Ilustración 31 Bloques elaborados con igual cantidad de cemento y cáscara de arroz .....	51
Ilustración 32 Bloques elaborados con menor cantidad de cáscara de arroz .....	52
Ilustración 33 Medición del peso del bloque del Escenario 1.....	56
Ilustración 34 Medición del peso del bloque del Escenario 1.....	56
Ilustración 35 Medición del peso del bloque del Escenario 2.....	57
Ilustración 36 Medición del peso del bloque del Escenario 2.....	57
Ilustración 37 Medición del peso del bloque del Escenario 3.....	58
Ilustración 38 Medición del peso del bloque del Escenario 3.....	58
Ilustración 39 Muestras de bloques realizados .....	59
Ilustración 40 Muestras de bloques realizados .....	60
Ilustración 41 Método de placa caliente en Escenario 1.....	61
Ilustración 42 Método placa caliente en Escenario 2 .....	62

Ilustración 43 Método de placa caliente en Escenario 3.....	62
Ilustración 45 Prueba de resistencia al Escenario 1.....	65
Ilustración 46 Prueba de resistencia al Escenario 2.....	66
Ilustración 47 Prueba de resistencia al Escenario 3.....	66
Ilustración 48 Prueba de resistencia al Escenario 3.....	67
Ilustración 49 Peso previo a la prueba de humedad en el escenario 1.....	69
Ilustración 50 Peso previo a la prueba de humedad en el escenario 2.....	69
Ilustración 51 Peso previo a la prueba de humedad en el escenario 3.....	70
Ilustración 52 Prueba de humedad.....	70
Ilustración 53 Prueba de humedad.....	71
Ilustración 54 Peso después de la prueba de humedad en el escenario 1.....	71
Ilustración 55 Peso después de la prueba de humedad en el escenario 2.....	72
Ilustración 56 Peso después de la prueba de humedad en el escenario 3.....	72
Ilustración 57 Ensayo de degradación en el Escenario 1.....	74
Ilustración 58 Residuos por el ensayo de degradación en el Escenario 1.....	74
Ilustración 59 Muestra del Escenario 1 después de ser sumergida en el recipiente con agua.....	75
Ilustración 60 Ensayo de degradación en el Escenario 2.....	75
Ilustración 61 Residuos por el ensayo de degradación en el Escenario 2.....	76
Ilustración 62 Muestra del Escenario 2 después de ser sumergida en el recipiente con agua.....	76
Ilustración 63 Ensayo de degradación en el Escenario 3.....	77
Ilustración 64 Residuos por el ensayo de degradación en el Escenario 3.....	77
Ilustración 65 Muestra del Escenario 3 después de ser sumergida en el recipiente con agua.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Aislantes Térmicos Convencionales.....	17
Tabla 2 Cronograma de actividades.....	54
Tabla 3 Resultados de Flujo de Calor por Placa Caliente .....	63
Tabla 4 Resultados de Conductividad Térmica .....	63
Tabla 5 Resultados de las pruebas de resistencia .....	67
Tabla 6 Tabla de cálculo del porcentaje de humedad .....	73
Tabla 7 Costos Generales de Elaboración .....	78
Tabla 8 Costos de Elaboración en el Escenario 1 .....	79
Tabla 9 Costos de Elaboración en el Escenario 2 .....	80
Tabla 10 Costos de Elaboración en el Escenario 3.....	80
Tabla 11 Tabla comparativa de los bloques elaborados en los tres escenarios.....	81

## ÍNDICE DE FORMULAS

Fórmula 1	Fórmula de coeficiente de conductividad térmica .....	15
Fórmula 2	Fórmula de porcentaje de humedad .....	73

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Evolución de la Tarifa Promedio en Honduras 2018-2022.....	1
Gráfica 2 Pesos obtenidos de las muestras en estado seco.....	59
Gráfica 3 Resultados de Flujo de Calor en los tres escenarios.....	64
Gráfica 4 Resultados de Conductividad Térmica en los tres escenarios .....	65
Gráfica 5 Resultados de las pruebas de resistencia.....	68
Gráfica 6 Costo de Elaboración en el Escenario 3.....	81

## LISTA DE SIGLAS

<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>COV</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>CREE</b>	Comisión Reguladora de Energía Eléctrica
<b>GLP</b>	Gas Licuado del Petróleo
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramo por centímetro cuadrado (unidad de presión)
<b>Mpa</b>	Megapascal (unidad de presión)
<b>OMM</b>	Organización Meteorológica Mundial
<b>ONU</b>	Organización de Naciones Unidas
<b>PNUMA</b>	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>Pa</b>	Pascal (unidad de presión)
<b>Psi</b>	<i>Pounds-force per square inch</i> (Libra por pulgada cuadrada)
<b>W/mK</b>	Vatio por metro-kelvin (unidad de conductividad térmica)



## GLOSARIO

**Biomasa:** Tipo de energía renovable que usa como fuente materia orgánica como fuente de energía.

**Bloquera:** Lugar para la fabricación de bloques de cementos para

**Degradación:** Proceso natural en el cual los materiales se van reintegrando a la naturaleza debido a la acción de algunos factores como la temperatura, la humedad y la presencia de ciertos microorganismos.

**Ensete:** Ensete es uno de los tres géneros de la familia Musácea, comprende siete especies de origen africano y algunas asiáticas. De apariencia de platanera.

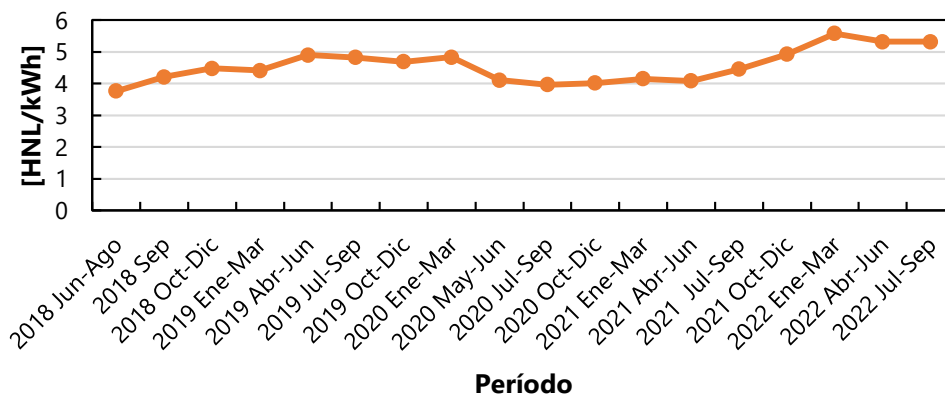
**Quintales:** Medida de masa que equivale a 100 kilogramos.

**Tarifa:** Precio unitario fijado de forma oficial por el Estado para los servicios públicos realizados a su cargo.

## I. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Meteorológica Mundial (2021) los últimos 7 años, del 2015 al 2021, fueron los siete años más cálidos de los que se tiene constancia y el año 2021 fue entre el quinto y séptimo año más cálido jamás registrado. La Organización de Naciones Unidas (ONU) concluyó que el crecimiento del calentamiento anual global es de 1.5 °C. Las altas temperaturas van en aumento, resultando en condiciones desagradables que perjudican a la población y al medio ambiente. “ El cambio climático se vincula con efectos indeseados en el mundo, tales como: derretimiento del hielo en los polos, incremento de los niveles de los mares, mayor incidencia de huracanes y otros desastres naturales y, cambios en los ecosistemas y en la provisión de servicios ecosistémicos.” (Balance Energético Nacional, 2020)

Debido a las altas temperaturas, parte de la población opta por la utilización de equipos de climatización como ventiladores y aires acondicionados para mejorar las sensaciones térmicas dentro de las edificaciones y poder cumplir con las actividades diarias con una mayor comodidad. Sin embargo, el consumo generado por el uso de equipos de climatización puede llegar a representar un buen porcentaje y por ende un incremento en el total de la factura eléctrica. En los últimos años, la evolución del precio de la tarifa promedio de la energía eléctrica ha ido en aumento, como se puede ver en la Gráfica 1.



**Gráfica 1 Evolución de la Tarifa Promedio en Honduras 2018-2022**

Fuente: Elaboración propia con datos de la (Comisión Reguladoras de Energía Eléctrica) (CREE)

Según el (Instituto Nacional de Estadística, 2021) para julio del 2021, un 59.2% de los hogares hondureños se encontraban en condiciones de pobreza debido a sus bajos ingresos. Debido a esto, no todas las familias pueden optar a comprar equipos de climatización ni realizar pagos altos de energía eléctrica. En algunos casos, la población se limita y regula el uso de estos equipos para reducir y prevenir el incremento de la factura eléctrica, sacrificando su comodidad al tener que soportar temperaturas poco agradables en sus labores y vida cotidiana.

En los últimos años, se han realizado estudios sobre aislantes térmicos a partir de fibras naturales que ayuden a mejorar las sensaciones térmicas dentro de los hogares y edificaciones, y además es una alternativa sostenible, ya que ciertos o la mayoría de sus componentes son de origen natural. (Carrera Hidalgo, 2015) realizó un proyecto sobre el análisis y desarrollo de bloques de hormigón como aislantes térmicos basados en la biomasa de la cascarilla de cacao para ser implementado en edificaciones. (Peña Ramírez & Roman Enciso, 2018) diseñaron un aislante térmico a bases de fibras naturales para poder mitigar el impacto de las heladas en Cupisa, Perú. (Canto, Batista, Sánchez, Morena y James, 2018) realizaron un aislante térmico a bases de materiales orgánicos como yuca, cascarilla de arroz y palma pita.

(Cadena & Silvera, 2002) llevaron a cabo un estudio sobre la variación de la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. (Cataño, Guzmán y Perpiñán, 2021) determinaron que el efecto resultante de la incorporación de cascarilla de arroz en bloques de suelo de cemento trae beneficios tanto económicos como ambientales aptos para la producción de este tipo de mezclas en la construcción. (Fernández, 2019) llevó a cabo un diseño de bloques implementando la cascarilla de arroz para la construcción de losas en edificaciones. En cuanto a las propiedades de la cáscara de arroz, (Torres Giraldo & Holguín, 2018) realizaron un estudio sobre las propiedades de la cáscara de arroz que lo convierte en una buena fuente de celulosa con el fin de ser utilizado en materiales de construcción.

El principal propósito de esta investigación es elaborar bloques de aislante térmico con biomasa de la cascarilla de arroz para mejorar la eficiencia energética en edificaciones, al utilizar un residuo obtenido a partir de la molienda del arroz, que representa grandes cantidades de quintales de residuos al año. Para ello se utilizarán parámetros como el coeficiente de

conductividad térmica, durabilidad, resistencia, degradación y porcentaje de humedad. Para el análisis económico se tomará en cuenta la disponibilidad y el acceso a la materia prima (cáscara de arroz) en la ciudad de El Progreso, Yoro. El primer paso a efectuar es la elaboración de los bloques utilizando tres diferentes escenarios, donde el porcentaje de la cáscara de arroz y el porcentaje de cemento utilizado va a variar en cada mezcla a utilizar. Una vez elaborado los bloques se va a proceder a realizar las diferentes pruebas y técnicas para poder analizar las propiedades y características de cada bloque. La estimación de los costos de los materiales e instrumentos nos ayudará a establecer los costos por bloque y compararlos de igual forma con los bloques de cemento convencionales en el mercado.



**Ilustración 1 Diagrama Conceptual de la Elaboración de los bloques utilizando la biomasa de la cáscara de arroz**

Fuente: Elaboración Propia

Esta investigación está conformada por seis capítulos, iniciando con el Capítulo I en el que se presenta la introducción del proyecto de investigación, seguido por el Capítulo II, donde se abarca lo que es el planteamiento del problema, precedentes y la justificación de este. En este mismo capítulo, se plantearon los objetivos de la investigación y las preguntas de investigación que se responderán a través de la realización de la investigación. En el Capítulo III, que es el marco teórico, se explicarán todos los temas y teorías de sustento necesarias para el contexto de todos

los términos utilizados en la investigación. En el Capítulo IV, se presentarán todas las diversas metodologías necesarias para el desarrollo de la investigación, incluyendo la determinación de las variables dependientes e independientes, junto a las técnicas e instrumentos implementados y materiales requeridos. En el Capítulo V se presentan los resultados finales y el análisis de los resultados obtenidos, seguido por el Capítulo VI donde se presentan las conclusiones de la investigación. Por último, se encuentra el Capítulo VII, donde se especifican las recomendaciones de la investigación.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el presente capítulo se detalla el problema de investigación que se planea investigar. Dentro del capítulo se presentarán los precedentes y los motivos por los cuales se encontró necesario definir una solución a este problema. De igual manera, se determinan los objetivos generales y específicos que se desean cumplir a lo largo del proyecto. Por último, se encuentran las preguntas de investigación que se esperan responder durante el desarrollo de la presente investigación.

### **2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA**

Según los resultados del Boletín del Estado del clima en América Latina y el Caribe (2021) publicado por la Organización Meteorológica Mundial, la tendencia del calentamiento en América Latina y el Caribe fue constante en las décadas de 1991 al 2021, con una tasa media de aumento sobre las temperaturas de 0,2 °C. Cada año las temperaturas aumentan, así como sus consecuencias negativas en el medio ambiente y su impacto en el ecosistema, siendo este un problema transversal para la población.

En Honduras hay 15 plantas de energía biomasa, como por ejemplo las azucareras Tres Valles y Azunosa, en donde también se aprovecha la energía biomasa de la caña de azúcar para la obtención de energía eléctrica. Sin embargo, la utilización de la energía biomasa no se limita solo a la obtención de energía eléctrica. Durante los últimos años la implementación de las biomásas como materiales de construcción se ha vuelto más común.

En España se han realizado proyectos con base en desarrollar nuevos materiales de construcción con la utilización de biomásas procedentes de la industria del papel. En Latinoamérica se menciona el caso de Ecuador, donde se elaboraron bloques como aislante térmico en donde se aprovechaba la biomasa de la cáscara de cacao y se obtuvieron resultados en los cuales se demostró que estos bloques tienen un buen coeficiente de conductividad térmica que permite concluir en que son una buena alternativa a implementar en el sector de edificación.

(Beraldo, 2014) afirma: " El empleo de la biomasa vegetal es una forma de economizar energía y al mismo tiempo de preservar el medio ambiente. "

La cáscara de arroz es uno de los productos sobrantes de la molienda del grano de arroz y representa grandes cantidades de residuos de este proceso. Estudios han demostrado que la cáscara de arroz tiene una conductividad térmica de 0.036 W/m K (Cadena & Silvera, 2002), razón por lo cual se seleccionó para la elaboración de bloques de aislante térmico en la presente investigación. (Torres Giraldo & Holguín, 2018) afirman: " Debido a su potencial como fuente primaria para la producción de fibras de celulosa, el uso de la cascarilla de arroz en materiales compuestos es invaluable. "

Debido a las altas temperaturas registradas en los últimos años, es importante buscar alternativas amigables con el medio ambiente para desarrollar materiales de construcción que permitan mejorar las sensaciones térmicas dentro de las edificaciones, utilizando como materia prima desperdicios vegetales que han demostrado tener propiedades de conductividad térmica. Estas propuestas se consideran sostenibles porque la población puede hacer frente a las condiciones climatológicas que se dan en la zona utilizando fibras accesibles para la población y que normalmente suelen desperdiciarse.

## **2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En los últimos años, poco a poco se ha visto un incremento en la facturación de la energía eléctrica, por lo cual es necesario buscar alternativas para la obtención de la energía eléctrica y medidas de eficiencia energética. En el 2022, el incremento de la energía eléctrica ha sido mayor en comparación con años anteriores que sumándose a la economía actual del país, hace que la población busque soluciones para poder ahorrar y reducir el costo de vida sin sacrificar su comodidad. El incremento de temperatura anual global soporta el hecho de que hoy, más que nunca, el poder estar en un área climatizada es casi una necesidad para poder realizar las labores diarias. Debido a estos casos, se vuelve imperativo buscar medidas de eficiencia energética que

permitan a las personas poder reducir el costo de la factura eléctrica, manteniendo el uso de climatización al reducir el intercambio de calor del exterior al interior de la edificación.

### **2.3. JUSTIFICACIÓN**

La idea para este proyecto nace de tres problemas existentes en el país de Honduras. El primer problema se encuentra en el sector agrícola, como ya se sabe, en Honduras se producen bastantes granos básicos como el arroz y se cosechan millones de quintales de arroz al año. Durante el proceso de molienda de este grano la cáscara del arroz se desperdicia, la cáscara representa alrededor del 20% del peso de este grano. Con esta información vemos que este residuo proveniente del arroz es bastante grande y es un recurso poco explotado y con un gran potencial debido a que tiene un buen coeficiente de conductividad térmica.

El segundo problema se encuentra en el sector de construcción. Honduras es un país de tercer mundo, por lo que muchos de sus sectores funcionan de forma tradicional, lo que esto significa es que muchos de sus procesos y/o formas de realizar las cosas son mediante procesos obsoletos o procesos que utilizan los materiales que han sido utilizados siempre, como lo es el bloque tradicional. Debido a esto, es necesario buscar medidas de implementación que impulsen al sector de construcción del país a ser mucho más novedoso y eficiente.

De igual forma se presenta un tercer problema, el calentamiento global. Actualmente, según la ONU, el crecimiento del calentamiento anual global es de 1.5 °C, con esto es necesario buscar medidas que ayuden al medio ambiente y como el país depende fuertemente de generadoras de energía eléctrica térmica (a base de combustibles fósiles) que puedan ayudar a utilizar menos energía que la que se necesita hoy en día. Actualmente, se realizan cumbres de forma global con el objetivo de que los países que generan las mayores emisiones de gases de efecto invernadero las reduzcan lo más posible. El mundo aún es afectado por este fenómeno y más en países como Honduras, donde la tecnología en todo sentido sigue siendo obsoleta. Todo esto ayuda a respaldar la importancia de medidas para gestionar la eficiencia energética.

Con estos problemas en mente sale la idea presentada en este informe. La idea se conforma a partir de la elaboración de bloques con cascarilla de arroz en su mezcla combinada



con hormigón. Para esto se plantearán tres escenarios que serán representados por variaciones de la cáscara de arroz en la mezcla de dichos bloques para poder establecer que combinación es la que mejores resultados presenta. Con esto se estaría implementando una medida que innove el sector de construcción del país y de igual forma, se estaría ayudando a la población para que puedan gozar de edificaciones con las mismas comodidades y teniendo un mayor ahorro en la factura de energía eléctrica.

### **2.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

En esta sección se enlistan las preguntas de investigación que se derivan del planteamiento del problema y que se pretenden responder a lo largo del desarrollo de la investigación.

1. ¿Cuáles serían las propiedades físicas y térmicas de los bloques con aislamiento térmico utilizando cáscara de arroz?
2. ¿Cuál sería el impacto de variar la concentración de la cáscara de arroz en la mezcla para construir los bloques?
3. ¿Cuál sería la conductividad térmica, resistencia a la compresión y humedad en los bloques dependiendo de la combinación de cemento y cáscaras de arroz?
4. ¿Cuál sería la durabilidad de los bloques elaborados dependiendo de la combinación de cemento y cáscaras de arroz?
5. ¿Cuál sería la viabilidad económica de los bloques con aislamiento térmico utilizando cascarilla de arroz en comparación con un bloque tradicional?
6. ¿Cuál sería la eficiencia energética al utilizar los bloques elaborados con agregados de la cascarilla de arroz?

## **2.4. OBJETIVOS**

En esta sección se establecen los resultados deseados que se pretenden obtener al realizar esta investigación.

### 2.4.1. Objetivo general

Elaborar bloques con aislante térmico a partir de hormigón y biomasa de las cáscaras de arroz que mejore la eficiencia energética y los intercambios de calor dentro de las edificaciones.

### 2.4.2. Objetivos específicos

1. Analizar las características físicas y térmicas de los materiales para la elaboración de los bloques.
2. Elaborar prototipos de aislante térmico con diversas variaciones de la cantidad de cáscara de arroz en la mezcla.
3. Evaluar la conductividad térmica, humedad y resistencia a la compresión en los bloques elaborados a partir de la combinación cemento y cáscaras de arroz.
4. Determinar la durabilidad de los bloques elaborados a partir de la combinación cemento y cáscaras de arroz.
5. Analizar la viabilidad económica de los bloques con aislamiento térmico utilizando cascarilla de arroz en comparación con un bloque tradicional.
6. Analizar la eficiencia energética de los bloques elaborados con agregado de cascarilla de arroz.

### **III. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se van a exponer los temas que están relacionados con el proyecto de investigación. Dentro de él se van a exponer y detallar las teorías que sustentan la realización de esta investigación y que son necesarias para lograr un desglose de toda la investigación.

#### **3.1. BIOMASA UTILIZADA EN EDIFICACIONES A NIVEL MUNDIAL**

A nivel mundial existe una meta, llegar a ser un mundo descarbonizado para el año 2050. Para poder cumplir esta meta, el sector de edificios juega un rol muy importante porque, es responsable del 39% de todas las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial. Las emisiones operativas representan un 28%, en estas se incluyen: calentamiento, enfriamiento y construcción de edificios ligeros. En cuanto a los materiales de construcción y los procesos de construcción, el carbón inicial suma un total de 11%. Alrededor de un 50% del consumo de energía total es dirigido a calefacción y refrigeración, y el 80% de la energía se consume en edificios.

El sector de edificios es un sector en constante crecimiento, se especula que para el año 2060 habrá el doble de edificios que hoy en día. Teniendo en mente este dato, se han implementado medidas tanto de la ONU como de la Directiva Europea para establecer planes normativos para conseguir poder reducir el consumo de edificios de manera gradual. (termosun, 2022).

Esto ha impulsado a que varios países implementen medidas de ahorro, eficiencia o a producir energía propia en sus edificaciones. Por ejemplo: se ha visto que utilizando calderas de biomasa en edificios públicos se puede llegar a ahorrar aproximadamente un tercio de energía. Algunas ventajas que se han notado en este caso fueron: favorece al uso razonable a las necesidades reales, consumo energético reducido, redujo cambios climáticos, genera actividad y más empleos.

Otra medida utilizada ha sido la calefacción por biomasa. Se ha presentado que se puede llegar a ahorrar un 20% - 30% en comparación a costos con combustibles y como se mencionó anteriormente, la implementación de ideas como esta genera más empleos dentro de las

comunidades y mejora las masas forestales. Este caso se compara utilizando datos de edificios que utilicen calderas de gasoil, intercambiando estas por calderas con uso de biomasa. (ambientum, 2018).

### **3.2. BIOMASA DISPONIBLE EN HONDURAS**

Para poder comprender adecuadamente lo que es la biomasa es importante poder comprender los siguientes conceptos.

#### **3.2.1. Conceptualización**

**Biomasa:** La biomasa es un tipo de energía renovable que usa como fuente materia orgánica como fuente de energía. (grupovisiona, n.d.)

**Ensete:** El ensete es una planta que pertenece a la misma familia que los bananos, en Etiopía se cultiva desde la antigüedad y la parte comestible de esta es su tallo. (Botanical online, 2021).

**Poder Calorífico:** El poder calorífico se conoce como la cantidad de calor que genera una sustancia y suele medirse por kilogramo o metro cúbico de esa sustancia. (Vaillant, 2022).

#### **3.2.2. Biomasa de la Cáscara de Arroz**

En Honduras se producen los siguientes granos básicos: frijol, maíz y arroz. Según (Reliefweb, 2016) en Honduras se producen alrededor de 1.5 millones de quintales al año. Torres Giraldo, 2018 indica que la cáscara del arroz representa un 20% del peso del arroz producido. A menudo la cascarilla del arroz es desechada mediante la incineración al aire libre, ya que almacenarla se vuelve complicado por su baja densidad (40-200 kg/m<sup>3</sup>). Este es un problema, puesto que al incinerar la cascarilla del arroz el humo generado se convierte en una amenaza a la atmosfera, de igual forma, el suelo en el que es incinerada también suele ser dañado por esta incineración.

Por estos mismos datos se busca poder reducir la contaminación y el daño ambiental que provocan estos desechos y, a la vez, obtener algún tipo de beneficio de ello. Torres Giraldo, 2018

indica que el poder calorífico de la cascarilla del arroz es muy bueno, siendo este 3.3-3.6 Cal/kg, este desecho contiene mucha ceniza (17-20%) por lo que no puede ser utilizada como combustible. Así mismo, tampoco se puede obtener gas de ello, ya que, 100 m<sup>3</sup> de gas generan entre 2 a 4 kg de alquitrán y entre 20 a 25 kg de carbón. Este desecho contiene más del 90% de sílice y este con algunos trazos de óxidos metálicos.

Existe una forma en la que se puede explotar este desecho y esto es, la explotación de su contenido de celulosa. El contenido de celulosa en la cascarilla del arroz está entre 25.89 y 35.5%, 18.1-21.35% de hemicelulosa y 18.2-24.6% de lignina. En cuanto a fuentes de celulosa, la cascarilla del arroz puede considerarse la fuente más disponible a partir de residuos agrícolas. Debido a esto, muchos investigadores han realizado estudios para el proceso de extracción de la celulosa, para así poder ser utilizado como material de relleno en aplicaciones compuestas. (Torres Giraldo, 2018).

Para el propósito de esta investigación también es necesario hablar sobre materiales compuestos; estos se forman combinando dos o más materiales para mejorar las propiedades de sus componentes individuales. Si estos materiales se derivan de sus componentes biológicos, se les llama biocompuestos. Los compuestos poliméricos consisten en una resina de polímero como su matriz y se le añaden uno o más rellenos para cumplir requisitos específicos. Debido a su baja biodegradabilidad, las fibras naturales intentan reemplazar las fibras sintéticas, fibras de vidrio o fibras de carbono. Si un material compuesto tiene propiedades mejores a sus componentes, se dice que tienen sinergia, esta es una propiedad importante, ya que, permite determinar que materiales son susceptibles de ser utilizados para crear compuestos.

En los últimos años, se han centrado investigaciones en residuos celulósicos como potencial material de relleno. Por ejemplo: cáscara de coco, paja de lino, raquis de plátano, hilo de cáñamo y la fibra de ensete. La fabricación de materiales compuestos con fibras naturales tiene mayor rendimiento con variedades que tienen un mayor contenido de celulosa. (Torres Giraldo, 2018).

Se ha intentado el estudio sobre las propiedades físicas, mecánicas y térmicas de los compuestos poliméricos rellenos de fibra de cascarilla de arroz y como esta incorporación afecta a termoestables, termoplásticos y elastómeros. El polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo y el ácido poli láctico son una elección normalmente utilizada para compuestos de polímero rellenos de fibra de cascarilla de arroz. El uso de fibras naturales tiene ventajas desde la perspectiva ambiental, ya que, implican procesos y producción amigables y tienen una mayor elasticidad, así como una menor abrasión durante la producción. Así mismo, presentan buena absorción de las vibraciones y, por consecuencia, el sonido y resulta aproximadamente tres veces más económico que trabajar con materiales como la fibra de vidrio. También existen algunas desventajas como lo es la poca sinergia con los polímeros, la calidad de la fibra depende de cómo esta fue cultivada y extraída. (Torres Giraldo, 2018).

### **3.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Para poder desglosar adecuadamente lo que es la eficiencia es importante poder comprender los siguientes conceptos y su importancia.

#### **3.3.1. Conceptualización**

Eficacia: es cumplir con las metas establecidas por una empresa o persona.

Eficiencia: es cumplir con las metas establecidas utilizando la menor cantidad de recursos y que ello no afecte en la calidad final.

Ahorro: reducir el consumo.

Ahorro energético: es reducir el consumo de energía por medio del cambio de hábitos, como por ejemplo apagar luces cuando no son de utilidad y que al continuar encendidas siguen consumiendo energía.

Eficiencia Energética: es el hecho de minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda sin afectar su calidad. (Schallenberg, 2008) Se basa en poder cumplir con las necesidades básicas utilizando la menor cantidad de energía eléctrica sin necesidad de cambiar los hábitos de consumo.

### 3.3.2. Teoría de sustento

La eficiencia energética es satisfacer todas las necesidades diarias sin sacrificar la calidad y el estilo de vida, pero utilizando la menor cantidad de energía. Es hacer uso de la energía de la manera más inteligente y razonable posible, ya que sólo se usa la energía necesaria. Al implementar la eficiencia energética se logra disminuir el consumo eléctrico y por ende las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan a partir del uso de combustibles fósiles, que son las causantes del cambio climático. Además, representa un impacto positivo en lo que es la economía nacional.

(Cohendoz, 2021) afirma: " La eficiencia energética debe ser considerada una de las principales políticas de estado para la adaptación y mitigación al cambio climático. "

## **3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN**

Los bloques de construcción utilizados en edificaciones tienen que poseer ciertas características y propiedades para garantizar la seguridad del proyecto y así mismo, tienen que ser tomadas en cuenta para la selección de los bloques a utilizar. Las características adecuadas que tienen que poseer los bloques son una buena conductividad térmica, alta resistencia y gran durabilidad.

### 3.4.1. Coeficiente de Conductividad Térmica

El coeficiente de conductividad térmica es el parámetro que indica el calor que se cede en una superficie. (Etecé E., 2021) afirma que "La conductividad térmica es una propiedad de ciertos materiales capaces de transmitir el calor, es decir, permitir el paso de la energía cinética de sus moléculas a otras sustancias adyacentes. Se trata de una magnitud intensiva, inversa a la resistividad térmica.". La conductividad térmica es diferente dependiendo del material que se esté analizando, ya que es un dato dependiente de la naturaleza molecular del material. La conductividad térmica de un material se calcula mediante un coeficiente, este coeficiente es referido como  $\lambda$  (lambda), y su cálculo se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$\lambda = q / \text{grad. } T$$

#### **Fórmula 1 Fórmula de coeficiente de conductividad térmica**

En esta fórmula,  $q$  representa el flujo de calor por unidad de tiempo y área y  $\text{grad. } T$  representa el gradiente de la temperatura. (Etecé E., 2021).

Al hablar de conductividad térmica también es importante mencionar que existen tres métodos de transmisión de calor: conducción, convección y radiación.

- **Conducción:** este ocurre cuando hay una transferencia de calor entre dos cuerpos con diferente temperatura y teniendo contacto directo.
- **Convección:** la convección solamente se da entre líquidos y gases, ya que se produce a través del movimiento de partículas de la sustancia que transmite el calor.
- **Radiación:** ocurre cuando se transmite calor entre dos cuerpos de diferente temperatura sin que exista un contacto o sólido conductor entre ellos.

Según el Sistema Internacional, la conductividad térmica se mide en W/Km (Watts sobre Kelvin por metro). Existe también una equivalente a esta unidad de medición y es: J/m.s.K (Joule sobre metro por segundo por Kelvin). (Etecé E., 2021).

#### 3.4.2. Resistencia

(Arqhys Construcción, 2022) afirma que "La resistencia de un material es la propiedad que tienen para resistir la acción de las fuerzas."

Debido a que existen diferentes formas de fabricar bloques, se estará detallando sobre ellas como paso siguiente.

**Bloques huecos:** el espesor de este tipo de bloques suele ser igual a 2.5 cm y en su sección más desfavorable suele tener un área neta del 50% del área bruta.

**Bloques sólidos:** a diferencia de los bloques huecos, en su sección más desfavorable representa mínimo 75% del área bruta y el espesor de sus paredes es igual al anterior, igual a 2.5 cm.



**Bloques de hormigón celular:** también se le conoce como hormigón aireado, es un hormigón liviano y se constituye en una matriz sólida de cemento que en su interior contiene un conjunto de burbujas de aire muy pequeñas y distribuidas uniformemente en la mezcla que se forman por un agregado en base de aluminio.

**Bloque sólido con agregado de biomasa:** este bloque es el tipo que aplica para esta investigación y el objetivo de este bloque es que al fabricarlo dentro de este se forme porosidades donde pueda ingresar aire para tener un resultado, las propiedades puedan ser lo más cercanas a un bloque de hormigón celular.

Cabe recalcar que la compactación es un factor clave en la fabricación de los bloques, ya que de esto dependerán las características (resistencia y densidad) de los bloques.

Para determinar la resistencia de los bloques, se ha visto necesario investigar sobre la resistencia a la compresión, por el hecho de que esta es una resistencia que puede someter a los bloques una vez fabricados.

**Resistencia a la compresión:** Cemex, 2022 indica que "La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en  $\text{kg/cm}^2$ , MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

El proceso para determinar la resistencia a la compresión de los bloques es el más importante, ya que bajo este esfuerzo es que trabajarán los bloques y normalmente suele haber normas dependiendo de los países.

### 3.4.3. Durabilidad

(ZwickRoell) indica que "La durabilidad caracteriza la capacidad de los materiales y componentes para soportar cargas estáticas, cuasi estáticas y dinámicas (recurrentes o de impacto) sin sufrir daños, en el margen de la vida útil calculada y considerando las condiciones ambientales relevantes.". Se puede calcular la durabilidad de un material con cálculos o con resultados de ensayos. Se puede concluir que la durabilidad es un área en la que se combinan factores como: medioambiente, material, producción y construcción, ya que todos estos factores

influyen en la durabilidad de un material y se tienen que considerar para poder determinar la vida útil de un material.

#### 3.4.4. Aislantes térmicos

(Andimat) afirma que "Un producto aislante térmico es un producto que reduce la transmisión de calor a través de la estructura sobre la que, o en la que se instala.". Es importante saber que el límite como tal de un aislante solo puede definirse cuando la aplicación específica se ha definido. Un ejemplo de esto puede ser un muro en un edificio, ya que puede cumplir con los requerimientos aislantes. Esto anterior se debe a que la función del aislante térmico también puede ser desarrollada por un material o un sistema diseñado para funciones diferentes.

##### *3.4.4.1. Aislantes térmicos convencionales*

Al hablar sobre aislantes térmicos también es necesario hablar de los tipos de aislantes térmicos convencionales:

**Lana de roca:** es uno de los más utilizados por su alto rendimiento, están compuestos mayormente por roca volcánica y ligante orgánico.

**Lana de vidrio:** está compuesto por filamentos de vidrio aglutinados mediante resina. Normalmente, se encuentra en forma de paneles o mantas.

**Poliestireno expandido:** es de origen sintético y es utilizado porque es muy versátil. Además de esto, es muy resistente a los cambios climáticos.






**Poliestireno extruido:** presenta alta resistencia a cambios climáticos, envejecimiento y resistencia mecánica. Se puede utilizar en techos, cubiertas y muros enterrados.

**Poliuretano:** se puede adherir a cualquier superficie, no absorbe humedad y presenta una muy buena relación precio capacidad. Está siendo sustituido debido a que posee un alto grado de combustión. Es utilizado en forma de paneles rígidos o en espuma rígida.

**Vidrio Celular:** se fabrica con vidrio reciclado, tiene buenas características mecánicas y una leve absorción de agua. A todo esto, se suma que no es combustible.

**Productos naturales:** se utilizan por sus leves procedimientos de manufactura y el factor ecológico, aunque se debe tener precaución que no se saturen de agua y ser tratados en contra de insectos, larvas y hongos.

**Tabla 1 Aislantes Térmicos Convencionales**

Denominación		Origen	Conductividad (λ) W/(m.K)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)	Inflamable <sup>1</sup>	Precio aproximado €/m <sup>2</sup>	Formato	Medidas de protección en su instalación	Coste energético de producción MJ/kg <sup>2</sup>	Contenido de producto reciclado (0-3) <sup>3</sup>	Biodegradable <sup>4</sup>	
	Lanas minerales (MW)	Lana de roca (SW)	Mineral	0,03 - 0,05	1	NO	<5	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15 - 25	1	No
		Lana de vidrio (GW)	Mineral	0,03 - 0,05	1 - 1,3	NO	<5	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15 - 50	2	No
	Poliestireno expandido (EPS)	Sintético	0,029 - 0,053	20 - 40	SI	<5	Panel y a granel	No	75 - 125	1	No	
	Poliestireno extruido (XPS)	Sintético	0,025 - 0,04	100 - 220	SI	<15	Panel	Guantes	75 - 125	1	No	
	Poliuretano o Polisocianurato (PUR)	Sintético	0,019 - 0,040	60 - 150	SI	<10	Panel y espuma	Ojos, sistema respiratorio y piel	70 - 125	1	No	
	Perlita Expandida (EPB)	Mineral	0,040 - 0,060	3 - 8	NO	<5	Panel, rollo, espuma y a granel	Protección frente al polvo	5 - 20	0	No	
	Vidrio celular (CG)	Mineral	0,035 - 0,055	Infinita	NO	<60	Panel y espuma	No	10 - 75	3	SI	
	Lana de oveja (SHW)	Animal	0,035 - 0,050	1 - 2	SI	<25	Rollo y a granel	No	10 - 40	0	SI	

Fuente: Elaborada por OVACEN, 2019

### **3.5. DESARROLLO SOSTENIBLE**

A lo largo de los años se han desarrollado diversas alternativas para lograr un desarrollo sostenible utilizando diversos materiales reciclables que son accesibles a la población y que no generan un impacto al medio ambiente. Para poder comprender esto es necesario definir lo que es el desarrollo sostenible y sus pilares.

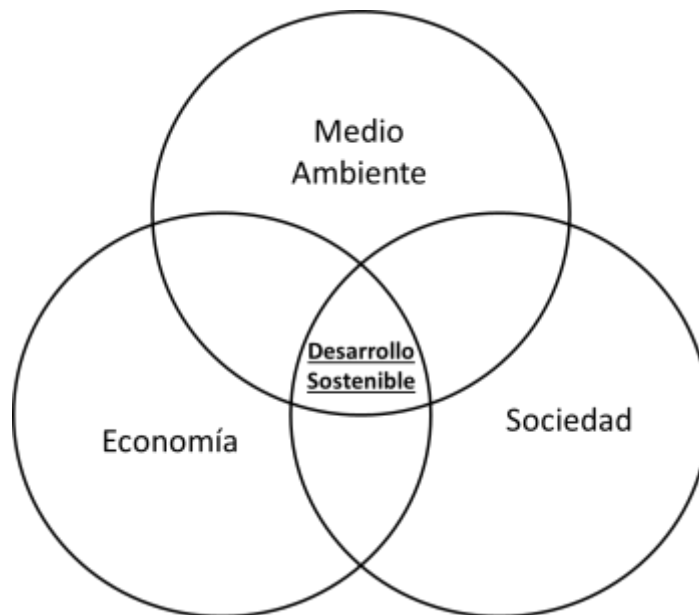
#### **3.5.1. Definiciones de Desarrollo Sostenible**

El Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU (1987) define el desarrollo sostenible como el desarrollo que permite poder hacer frente a las necesidades de la humanidad sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones para cumplir sus necesidades. Este concepto fácilmente se aplica a la situación actual, donde se buscan nuevas tecnologías y fuentes de energía renovables para la generación de energía eléctrica debido a que generan emisiones de gases de efectos invernadero bajas o nulas. El implemento de estas tecnologías nos permite cumplir con las actividades cotidianas y evitar perjudicar aún más el medio ambiente que fundamental para el futuro de los seres humanos. Este concepto ambiguo tenía como propósito concientizar sobre la insostenibilidad y que la población optara por buscar nuevas soluciones a las problemáticas de esos años.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1991), define: "Desarrollo que mejora la calidad de vida, respetando la capacidad de carga de la tierra"

#### **3.5.2. Pilares**

En esta investigación se propone construir bloques con aislamiento térmico teniendo un desarrollo sostenible para obtener una solución a los problemas previamente mencionados que son el alto costo de la energía eléctrica en Honduras, desperdicios restantes del proceso de molienda del arroz, cambio climático, calentamiento global y la obsolescencia del sector de construcción y edificación en el país. Para poder obtener un desarrollo sostenible es necesario tomar en cuenta 3 pilares fundamentales: la sociedad, la economía y el medio ambiente. (Strange & Bayley, 2014)(Referirse a la Ilustración 2)



**Ilustración 2 Pilares Fundamentales para el Desarrollo Sostenible**

Fuente: Elaboración propia a partir de (Strange & Bayley, 2014)

Estos tres pilares están relacionados entre ellos de diversas maneras. El ecosistema nos proporciona servicios necesarios para la humanidad como alimentación y hogar, siendo ambas actividades económicas importantes. Estos pilares indican que, para lograr un desarrollo sostenible, el proyecto tiene que ser rentable económicamente, tiene que brindar beneficios a la sociedad y tiene que ser ecológicamente equilibrado.

El pilar económico es necesario tomarlo en cuenta porque se busca reducir y evitar pérdidas económicas. El pilar social abarca el efecto del calentamiento global en la sociedad, las altas temperaturas afectan el diario vivir de la población, donde las personas con bajos recursos no pueden optar a equipos de climatización para poder soportar altas temperaturas como aires acondicionados o ventiladores. El pilar ambiental también toma en cuenta el material que se va a utilizar, ya que debe ser reutilizable y que se pueda aprovechar al máximo.

### 3.5.3. Sistemas Necesarios para un Desarrollo Sostenible

Para alcanzar un desarrollo sostenible es necesario impulsar al sistema político, sistema económico, sistema social, sistema productivo, sistema tecnología, sistema internacional y un sistema administrativo. (Gómez López, 2020) Todas estas partes contribuyen en su rama para poder obtener un balance y que incentiven al uso de la eficiencia energética y a un desarrollo sostenible.

El sistema político debe de promover e incentivar a la población a utilizar este tipo de desarrollo, ya sean leyes como la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables, donde se incentiva al uso de diversas energías renovables como la energía eólica, energía hidráulica, energía solar y la energía biomasa.

Los sistemas social, tecnológico, económico e internacional están relacionados directamente, ya que por nuevas tecnologías que se van creando se van solventando problemas que afectan a la sociedad y al hacerlo se generan nuevos conocimientos a los que se les puede dar continuidad y generar ganancias a futuro y permitir financiaciones e inversiones extranjeras. Para esto es necesario tomar en cuenta también el aspecto productivo donde la base es preservar el ecosistema y evitar graves impactos ambientales.

### 3.5.4. Consideraciones para el Desarrollo Sostenible

Para poder lograr un desarrollo sostenible es necesario tomar en cuenta siempre lo siguiente:

- Tomar siempre en cuenta el medio ambiente y los impactos que se podrían a generar en él al momento de tomar decisiones.
- Igualdad social, donde toda persona pueda tener acceso a este tipo de recursos y libertad para aplicarlos.
- Confirmar que el recurso renovable se regenere de manera sustentable sin afectar el ecosistema.

### **3.6. CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES**

Las construcciones sostenibles son aquellas en donde se aprovechan los recursos naturales y tienen como objetivo reducir los impactos ambientales que las edificaciones pueden llegar a generar y así mismo reducir los impactos que estas pueden llegar a generar en sus habitantes.

(Ramírez, 2002) afirma: "Los edificios, una vez construidos, continúan siendo una causa directa de contaminación por las emisiones que producen o el impacto sobre el territorio y son una fuente indirecta de contaminación por el consumo de energía y agua necesario para su funcionamiento"

Para poder reducir los impactos negativos es necesario revisar varias veces los diseños y materiales que se planean utilizar. Debido a esto, también es necesario buscar nuevas soluciones y tecnologías que ayuden a reducir la contaminación de las emisiones, teniendo en cuenta las características necesarias para ser llamadas construcciones sostenibles.

#### **3.6.1. Características de Construcciones Sostenibles**

(Ramírez, 2002) establece las siguientes características para las construcciones sostenibles:

- Uso racional de la energía.
- Uso racional del agua.
- Análisis de la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas.
- Elegir materiales que sean rápidamente renovables y de rápido crecimiento.
- Elegir pinturas, adhesivos y aislantes sin compuesto Orgánicos Volátiles (COV).
- Selección adecuada de aislantes térmicos.
- Protección general medioambiental del entorno.
- Elegir materiales que tengan contenidos en reciclados.
- Aislamientos y protecciones contra la radiación.
- Uso de energías renovables.
- Uso de equipos que son eficientes energéticamente.



### 3.6.2. Consideraciones en Construcciones Sostenibles

(Ramírez, 2002) afirma que para poder realizar una construcción sostenible se tiene que tomar en consideración lo siguiente:

- Los materiales de construcción deben de ser los más ecológicos posibles evitando materiales generadores de gases de efecto invernadero.
- Implementación de medidas de ahorro energético (reducir el consumo de electricidad, agua, etc.)
- Seleccionar un diseño bioclimático de la edificación que permita regular los y los cambios de temperatura, que permita tener un balance térmico sin generar gastos energéticos.

### 3.6.3. Materiales biológicos

El uso de materiales biológicos se ha ido implementando cada día más en el sector de construcción. Estos materiales han demostrado ser buenos aislantes térmicos debido a sus propiedades. La diferencia entre los aislantes térmicos usados normalmente en construcción es a base de petróleo, mientras que los aislantes térmicos que se elaboraran son a base de materias vegetales naturales. Honduras es un país diverso en flora y por ende tiene una gran potencia para utilizar la biomasa de estas materias vegetales para su uso en materiales de construcción. Algunas de estas materias vegetales naturales con propiedades de aislantes térmicos son:

- Cáscara de arroz
- Cáscara de banano
- Cáscara de cacao
- Caña (Bagazo)
- Mazorcas de maíz
- Palma Africana

### 3.6.4. Beneficios de las construcciones sostenibles

Las construcciones sostenibles tienen varios beneficios positivos, por ejemplo:

- Reducción de Gases de Efecto Invernadero
- Alto Valor Comercial: En el caso de contar con alguna certificación
- Mejorar el ciclo de vida de las edificaciones
- Reducción de costos operativos
- Reducción de consumo porque se implementa la Eficiencia Energética

## 3.7. CAMBIO CLIMÁTICO

### 3.7.1. Emisiones de CO<sub>2</sub>

#### 3.7.1.1. Emisiones de Co<sub>2</sub> en Construcciones

Según el Balance Energético Nacional de Honduras del 2020, el consumo total del sector de construcción representa el 0.4% de la demanda nacional total de energía. Los energéticos utilizados en este sector son: Diésel (40%), GLP (34%) y una pequeña cantidad de Gasolinas (1%). Debido a esto es importante la búsqueda de medidas de implementación de eficiencia energética que impulsen a este sector a innovar y poco a poco reducir estos consumos porque, todos los energéticos que funcionan en ese sector son altos generadores de emisiones de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera.

Este sector consume un 0.4% de la demanda total nacional de energía, esto es equivalente a 113 kbp. Un barril de petróleo genera un aproximado de 431.87 kg de CO<sub>2</sub>, al realizar el cálculo, el sector de construcción genera alrededor de 48,801,310 kg de CO<sub>2</sub>. Al obtener este dato, se vuelve imperativa la búsqueda de mejoras para prevenir que esta gran cantidad de emisiones siga siendo expulsada al medioambiente.

### *3.7.1.2. Reducción de emisiones de CO2 con implementación de la biomasa en construcciones*

La biomasa es una de las fuentes de energía bajo la categoría de energías renovables, esta es una de las fuentes de obtención de energía alternativas a los combustibles fósiles. Existe un factor importante al utilizar biomasa, esta se considera una energía renovable siempre y cuando la especie utilizada se vuelva a restituir.

Es importante saber la idea de este proyecto propone el aprovechamiento de este recurso como, convertir dicho desecho en un recurso. De esta forma, se consigue gestionar residuos de proveniencia agrícola, en este caso la cascarilla del arroz, y así poder disminuir emisiones de gases de efecto invernadero generadas y prevenir daños al medio ambiente y sus habitantes por incineraciones una vez estos sean utilizados.

### 3.7.2. Impacto del Cambio Climático en el sector de Edificación

“El aumento de las emisiones en el sector de los edificios y la construcción enfatiza la necesidad urgente de una estrategia triple para reducir agresivamente la demanda de energía en las áreas construidas, descarbonizar el sector energético e implementar estrategias de materiales que reduzcan las emisiones de carbono del ciclo de vida”. (PNUMA).

Según la ONU, la operación y construcción de edificios producen un 38% de todas las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía. Incluso existe mucha preocupación en la ONU de que debido a esto no se puedan cumplir totalmente los objetivos del Acuerdo de París, ya que mencionan que es imprescindible impulsar este sector a una reducción del 50% para el año 2030 y así poder llevar al sector a la neutralidad climática para el año 2050. Mencionan, al igual que la importancia es tal, que con implementar medidas de eficiencia y ahorro en el sector de edificios se estaría generando una gran ayuda para limitar a que el crecimiento de temperatura anual global llegue a 2°C.

### **3.8. BLOQUES DE CÁSCARA DE ARROZ**

La implementación de la cáscara de arroz en la mezcla para la fabricación de los bloques de hormigón tiene como intención incentivar e innovar en cuanto a la implementación de biomásas vegetales en materiales de la construcción, aprovechando sus propiedades naturales. Al incluir la cáscara de arroz en la mezcla se espera obtener un alto coeficiente de conductividad térmica de la muestra elaborada. Con la implementación de este material se obtiene un valor agregado al resultado debido a la sostenibilidad ambiental que representa.

Al variar las cantidades de la cáscara de arroz en cada escenario, permite observar y analizar las propiedades que posee cada escenario y ver como la variación de cáscara, ya sea menor, igual o mayor que el porcentaje de hormigón, afecta de manera positiva o negativa a las propiedades esenciales del bloque.

### **3.9. MARCO LEGAL**

El Decreto No.173-2010 establece que el "Código Hondureño de Construcción" elaborado por la Comisión Técnica del Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras como normas técnicas nacionales de construcción. En este código están las diferentes normas técnicas a seguir para la construcción de edificaciones. El bloque elaborado tiene que proporcionar una resistencia a la compresión y demostrar su durabilidad.

La eficiencia energética en Honduras sigue siendo una novedad, por lo cual no hay una gran cantidad de proyectos basados en su implementación. En Honduras hay decretos basados en la eficiencia energética, como el Artículo 6 del decreto PCM 34-2014, donde invita al Sector Privado a evitar el uso intensivo de energía eléctrica en días y horas de más alto consumo en el país y a desarrollar un programa de Eficiencia y Ahorro Energético. En este mismo decreto se les ordenó a todas las instituciones del estado a reducir un 10% su factura de energía eléctrica. También se les prohibió el uso de aires acondicionado en las horas con mayor consumo eléctrico.

En el artículo 4 del decreto PCM-013-2011 se le hizo una exhortación al sector privado para implementar medidas de ahorro y eficiencia energética para así poder crear conciencia a la población sobre las medidas que contribuyen al racionamiento y ahorro energético.

## IV. METODOLOGÍA

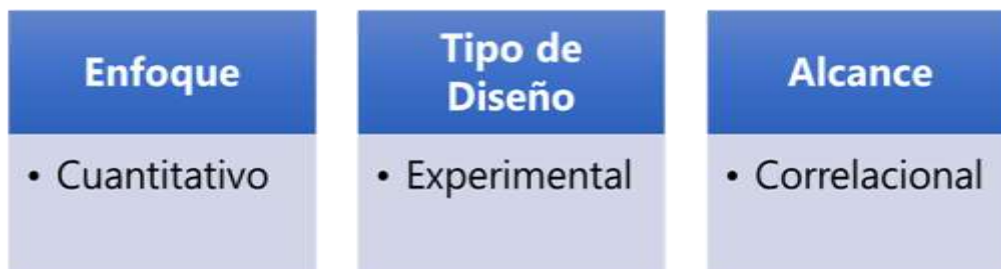
En este capítulo se presentan la metodología a implementar para el desarrollo del proyecto de investigación, los resultados que se esperan obtener y las variables dependientes e independientes de la investigación. Así mismo, se presentan las técnicas e instrumentos a implementar, materiales requeridos, programas y herramientas para realizar la investigación.

Para poder comprender de mejor forma la metodología a presentar es necesario saber que se estarán planteando tres escenarios diferentes de bloques a elaborar, las diferencias en los escenarios serán representadas por variaciones en la mezcla. Los tres escenarios consisten en: un escenario con mayor cascarilla de arroz que hormigón, una mezcla de la misma cantidad de cascarilla de arroz y hormigón y un escenario con mayor hormigón que cascarilla de arroz.

### 4.1. ENFOQUE

El proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo con un diseño experimental y un alcance correlacional. Se determinó de esta manera debido a que se elaboraran bloques de hormigón variando la concentración de cáscara de arroz en la mezcla y a cada bloque elaborado se le realizaran pruebas de conductividad térmica, porcentaje de humedad, resistencia, durabilidad y su respectiva eficiencia energética.

Debido a que se pretende determinar la relación de las dos variables en el resultado a esperar se define que tiene un alcance correlacional. (Hernández Sampieri & Fernández Collado, 2014)(Referirse a la Ilustración 3)



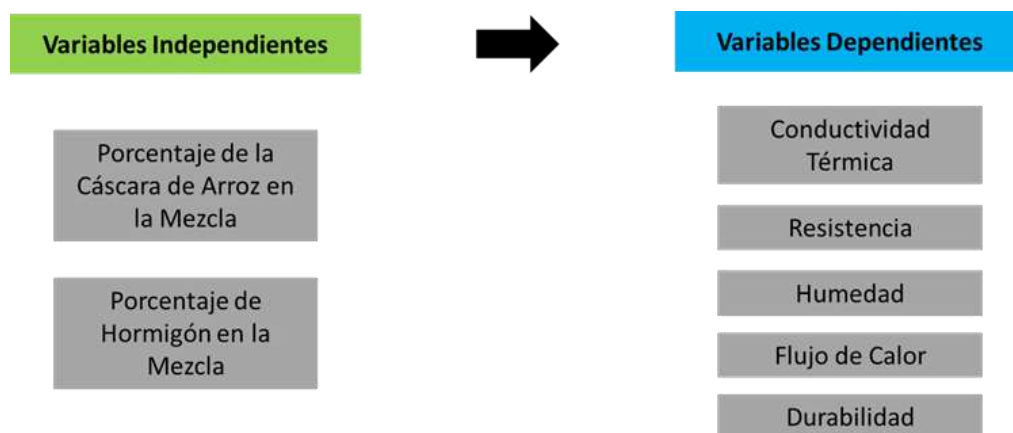
**Ilustración 3 Enfoque, diseño y alcance de la investigación**

Fuente: Elaboración propia a partir de (Hernández Sampieri & Fernández Collado, 2014)

## 4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

En esta sección, se establecen las variables dependientes e independientes de la investigación. Las variables independientes son las que tienen un nivel de afectación en la variable dependiente. Las variables dependientes son las que ayudan a llegar a donde se quiere con el estudio y el enfoque. (Referirse a la Ilustración 4)

(Hernández Sampieri & Fernández Collado, 2014) afirman: "Propiedad que tiene una variación que puede medirse u observarse".

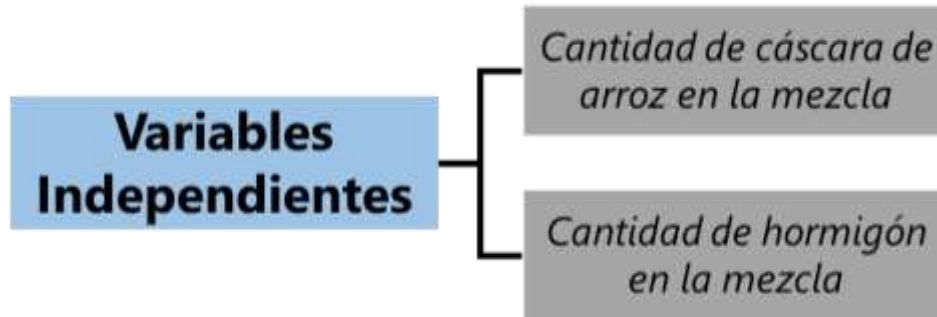


**Ilustración 4 Variables de Investigación**

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.1. Variables Independientes

Las variables independientes son las variables que se pueden medir y manipular para poder visualizar los efectos que estas tienen en las variables dependientes. En esta investigación se tienen dos variables independientes: a) la cantidad de hormigón en la mezcla para la elaboración de los bloques y b) la cantidad de cáscara de arroz en la mezcla para la elaboración de bloques. Las variables mostradas en la Ilustración 5 se utilizarán para los tres escenarios propuestos y en cada uno de estos escenarios el porcentaje de cada material va a variar para poder concluir sobre cómo estas dos variables afectan a las variables dependientes. (Referirse a la Ilustración 5)

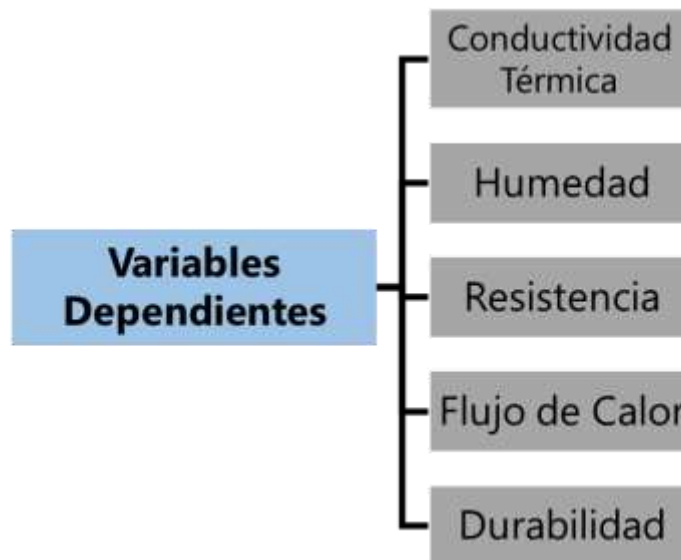


**Ilustración 5 Variables Independientes de la Investigación**

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2. Variables Dependientes

Las variables dependientes son variables que miden el efecto de las variables independientes en las pruebas a realizar. (Malhotra, 2004) Estas variables son los resultados de la implementación de las variables independientes en los 3 escenarios propuestos y son esenciales para poder cumplir con los propósitos del proyecto. (Referirse a la Ilustración 6)



**Ilustración 6 Variables Dependientes de la Investigación**

Fuente: Elaboración propia



### **4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

En esta sección se mencionarán los programas e instrumentos utilizados para la realización del proyecto, tanto técnicos como económicos. Se mencionarán las partes del proyecto en donde fueron implementados.

#### **4.3.1. Entrevistas**

Se llevaron a cabo entrevistas con los encargados y trabajadores de una bloquera ubicada en El Progreso, Yoro para la obtención de datos e información sobre el proceso de la elaboración de bloques de hormigón. Con esta entrevista se obtuvieron los materiales y sus medidas para la elaboración de bloques, que herramientas utilizan, en cuanto tiempo se tardan en hacer los bloques y el precio de estos. La finalidad es analizar el proceso de elaboración y analizar el costo de la elaboración de bloques comerciales de hormigón.

#### **4.3.2. Placa Caliente**

Este equipo es el encargado de medir la conductividad de los bloques elaborados. La Placa caliente consta de placas planas paralelas de platina: una caliente y otra fría. La placa caliente transmite su calor a través la muestra del bloque elaborado a la placa fría, teniendo un flujo constante de calor. Con las temperaturas registradas en ambas placas se determina el gradiente de temperatura necesario para la obtención del coeficiente de conductividad térmico de la muestra seleccionada.

#### **4.3.3. Máquina Manual Vibro compactadora de Bloques**

Esta máquina es esencial para la elaboración de los bloques. Consiste de un molde en el que se introduce la mezcla y debajo del molde se coloca una mesa de madera para prevenir que se caiga la mezcla. Luego, se enciende la máquina para que la vibración haga, que la mezcla se esparza alrededor del molde y se introduce más mezcla hasta que el molde se llene; seguido de esto, se baja el martillo de la máquina para comprimir la mezcla y elaborar el bloque. (Referirse a la Ilustración 7)



**Ilustración 7 Máquina Manual Vibro compactadora de Bloques**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4. Prensa Hidráulica

La prensa hidráulica es una máquina capaz de generar una presión de hasta 30 psi por bombeo manual sobre un objeto. (Referirse a la Ilustración 8)



**Ilustración 8 Prensa Hidráulica Manual**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.5. Báscula

La báscula es el instrumento que se utilizará para pesar los bloques y poder comparar sus pesos en estado seco y mojado y poder encontrar su porcentaje de humedad.

#### 4.3.6. Método de Medición de Humedad

Este método se basa en pesar la muestra de bloque elaborado en estado seco, sumergir la muestra del bloque elaborado en agua por 24 horas y después pesar la muestra en estado húmedo. Con estas dos masas se utiliza la fórmula de porcentaje de humedad y se obtiene el porcentaje de humedad de cada muestra.

#### 4.3.7. Ensayo de degradación por medio de humectación y secado

Para este ensayo se colocan las muestras en 24 cm de agua y se mantiene sumergida por 30-35 segundos. Seguidamente, se dejan secar y cuando volver a tomar la apariencia y el color inicial se repite nuevamente. Se toma nota de cualquier anomalía física que pueda presentar el bloque. Este procedimiento se realiza 5 veces y después se deja secar completamente. Este método nos permite probar la degradación de la muestra del bloque.

#### 4.3.8. Resistencia a la compresión

Una vez ya obtenida las muestras de los escenarios realizados y con buenos acabados, se realiza lo que es una prueba de la resistencia a la compresión. Para esto se utiliza una máquina de compresión y se coloca la muestra para determinar su resistencia.

#### 4.3.9. Microsoft Excel

Este programa se utiliza para realizar gráficos comparativos entre las muestras y poder visualizar los resultados obtenidos por cada escenario y realizar cálculos con diversas fórmulas. Con los datos encontrados se pueden comparar las propiedades de las muestras elaboradas con otros aislantes comerciales. Estas comparaciones nos permiten analizar cuál de los tres escenarios

propuestos es el más eficiente y con los mejores resultados y concluir sobre la factibilidad técnica y económica de la implementación de estas muestras en el sector de construcción.

#### **4.4. MATERIALES**

En este apartado se presentan los materiales necesarios para la elaboración y análisis de los escenarios y el porqué de su utilización.

##### **4.4.1. Cáscara de arroz**

La Cáscara de arroz es una de las variables independientes porque se tiene como objetivo calcular las propiedades del bloque al utilizar su biomasa y analizar la eficiencia energética de su implementación. Porcentaje de este material va a variar según el escenario a elaborar. Este material se consiguió en el beneficio de arroz San Jorge, ubicado en El Progreso, Yoro. (Referirse a la Ilustración 9)



**Ilustración 9 Cáscara de arroz**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2. Cemento (Hormigón)

El Cemento se utilizará es de la marca Bijao. Al igual que la cáscara de arroz, es sumamente importante al momento de la elaboración de la mezcla, para los bloques y para el análisis de las muestras. El porcentaje de este material va a variar según el escenario a elaborar. (Referirse a la Ilustración 10)



**Ilustración 10 Cemento Bijao**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3. Agua

El agua es utilizada para mezclar los materiales secos y así unir el cemento con los aditivos de la mezcla que son arena y cáscara de arroz hasta obtener una mezcla homogénea y con una consistencia adecuada para ser agregada a la prensa hidráulica. (Referirse a la Ilustración 11)



**Ilustración 11 Agua**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4. Arena

La arena es utilizada para homogeneizar la mezcla y evitar futuras fisuras en el bloque. El tipo de arena que se utilizara es arena fina porque no contiene demasiadas impurezas que tengan un impacto negativo en el hormigón y que pueda llegar a afectar la dureza y tiempo de secado del bloque. (Cando, 2015) (Referirse a la Ilustración 12)



**Ilustración 12 Arena**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5. Moldes de los bloques

Debido a que las muestras son bloques, es necesario utilizar moldes de bloques con las mismas dimensiones de los bloques tradicionales de hormigón. Para ello se está usando el mismo molde que se utiliza diariamente en la bloquera donde se elaboraran los bloques con la biomasa de la cáscara de arroz. (Referirse a las Ilustraciones 13 y 14)



**Ilustración 13 Molde de los bloques**

Fuente: Bloquera Mendoza



**Ilustración 14 Mesa de soporte de los bloques**

Fuente: Bloquera Mendoza

#### 4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

Como se menciona anteriormente, la cascarilla del arroz es un desecho producido al moler el arroz. Esta cascarilla representa el 20% del peso de los granos de arroz, en el país de Honduras se producen alrededor de 1.5 millones de quintales de arroz, por lo que, serian aproximadamente tres cientos mil quintales de cascarilla de arroz que se desechan al año. Esto nos indica que, la muestra no será probabilística, ya que existe una cantidad muy grande de este desecho para poder utilizar. El lugar donde se desarrollarán los bloques es en la Bloquera Mendoza. Esta bloquera queda ubicada en El Progreso, Yoro. (Referirse a la Ilustración 15)



**Ilustración 15 Ubicación de Bloquera Mendoza**

Fuente: Google Earth Pro

Así mismo, en estas instalaciones se estarán llevando los materiales y los muchachos se encargarán de rociar los bloques una vez realizados con agua y cuidarlos por 4 días hasta que puedan ser recolectados. La cascarilla del arroz también se estará adquiriendo en la ciudad de El Progreso, Yoro. Esta se conseguirá en el Beneficio de Arroz San Jorge, la cantidad de cascarilla de arroz que se adquirirá son 50 libras. (Referirse a las Ilustraciones 16 y 17)





**Ilustración 16 Ubicación de beneficio de arroz San Jorge**

Fuente: Google Earth Pro

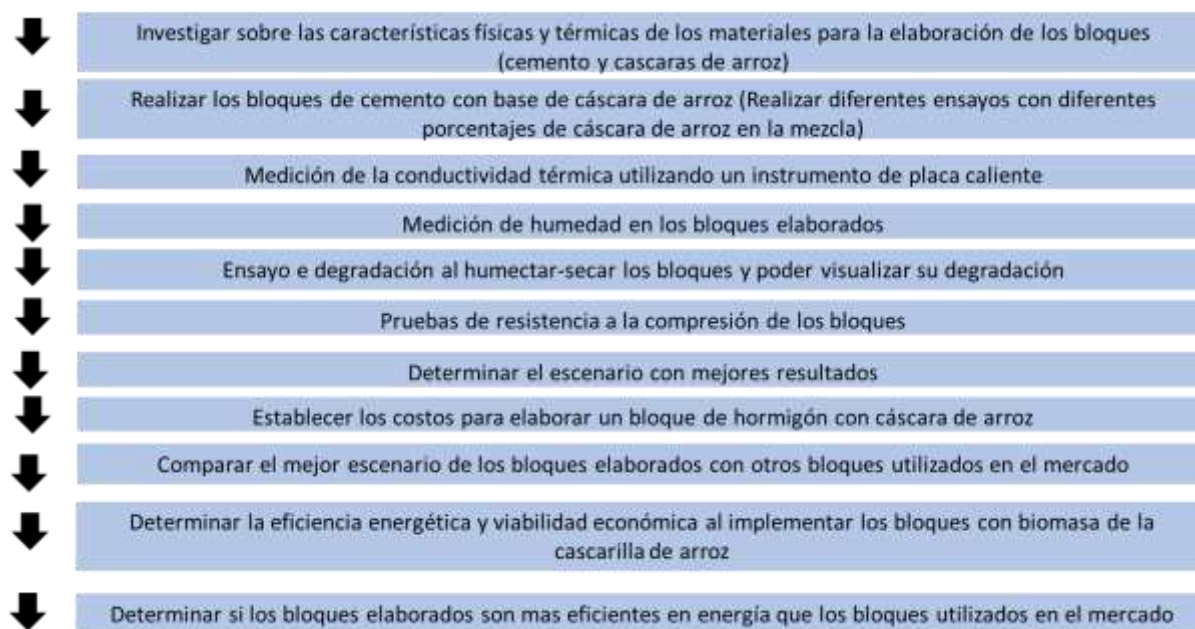


**Ilustración 17 Puntos de referencia geográficos**

Fuente: Google Earth Pro

## 4.6. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En esta sección se muestra en secuencia cronológica para la solución del problema, las técnicas e instrumentos utilizados, materiales necesarios, análisis de los resultados y factibilidad. En la Ilustración 18 se presenta el orden a seguir para el desarrollo de este proyecto.



**Ilustración 18 Metodología de Estudio**

Fuente: Elaboración propia

### 4.6.1. Diseño de Bloques

Debido a la dificultad de conseguir la máquina manual vibro compactadora de bloques para la elaboración de bloques, se hizo una visita a una bloquera en El Progreso, Yoro. En esta misma visita se realizaron muchas preguntas como: el tipo de cemento utilizado, el tipo de molde y también cada cuanto se riegan los bloques una vez elaborados. (Referirse a la Ilustración 19)



**Ilustración 19 Maquina Manual Vibro compactadora de Bloques**

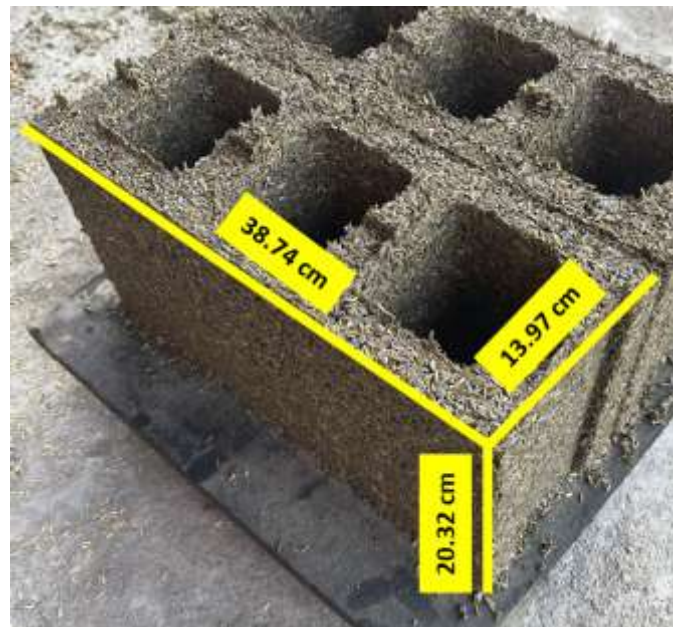
Fuente: Bloquera Mendoza

Al obtener estos datos se optó por ir con una medida de 6 porque es el bloque mayormente manejado en la Bloquera Mendoza. El dueño de la bloquera estuvo de acuerdo con el uso de las instalaciones para la elaboración de los bloques de esta investigación. Debido a esto, se estará utilizando cemento bijao y moldes de 6 para la elaboración de los bloques. Los bloques de tamaño 6 tienen las dimensiones de 13.97 cm ancho x 20.32 cm alto x 38.74 cm largo. (Referirse a las Ilustraciones 20 y 21)



**Ilustración 20 Molde de los bloques**

Fuente: Bloquera Mendoza



**Ilustración 21 Dimensiones del bloque**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.2. Mezcla a utilizar

La materia prima a utilizar es: cáscara de arroz, hormigón (cemento), arena y agua para la mezcla. Se vio necesario crear tres escenarios en los que la diferencia será la mezcla, un escenario tendrá mayor cascarilla de arroz, otro tendrá la misma cantidad de cascarilla de arroz y mezcla y el último escenario tendrá mayor mezcla que cascarilla del arroz. Todo esto se hará para indicar que mezcla da mejores resultados: conductividad térmica, durabilidad, resistencia, y mayor eficiencia energética.

##### 4.6.2.1. Escenario 1

En el primer escenario, como mencionado anteriormente, se utilizará más cascarilla de arroz. Se estipuló que este escenario tendrá una mezcla que consiste en: 5 libras de cemento, 9 libras de cáscara de arroz, 25 libras de arena, el agua se utiliza para humedecer la mezcla y ayudar a que los componentes se mezclen bien, por lo tanto, se utilizará el agua que sea necesaria hasta que la mezcla tenga una consistencia espesa y levemente húmeda. (Referirse a la Ilustración 22)



**Ilustración 22 Mezcla con mayor cantidad de cáscara de arroz**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.2.2. Escenario 2

En el segundo escenario se utilizará una cantidad igual de cascarilla de arroz y cemento, la mezcla consistirá en: 6 libras de cemento, 6 libras de cáscara de arroz, 35 libras de arena, nuevamente, el agua se estará utilizando hasta llegar a una consistencia espesa y levemente húmeda, cabe destacar que es necesario mezclar con pala y manteniendo esa acción se aplica el agua. (Referirse a la Ilustración 23)



**Ilustración 23 Mezcla con igual cantidad de cáscara de arroz y cemento**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.2.3. Escenario 3

En este último escenario se utilizará una mayor cantidad cemento en la mezcla, la cual consistirá en: 8 libras de cemento, 2.5 libras de cáscara de arroz, 40 libras de arena, en esta mezcla se utilizará un poco más de agua debido a la mayor cantidad de cemento. Y al igual que los demás escenarios, el agua se estará aplicando mientras se está mezclando el cemento, cascarilla y arena, en leves chorros. (Referirse a la Ilustración 24)



**Ilustración 24 Mezcla con menor cantidad de cáscara de arroz**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.3. Proceso de Fabricación

Para la fabricación de los bloques es necesario agregar las cantidades de cáscara de arroz, cemento y arena descritas en cada uno de los escenarios. Después de esto se mezclan estos tres componentes con la pala y se agrega poco a poco agua para ayudar a homogeneizar la mezcla y que al salir de la prensa los bloques puedan permanecer en forma de bloque. (Referirse a la Ilustración 25)



**Ilustración 25 Realización de las mezclas para los escenarios planteados**

Fuente: Elaboración propia



Es necesario una máquina manual vibro compactadora de bloques en la cual viene un molde y un martillo en el cual la mezcla se introduce en el molde y al encender la máquina se empieza a compactar la mezcla en los moldes. Por último, se va retirando el sobrante de la máquina una vez llenos todos los moldes y se compactan totalmente los bloques. (Referirse a las Ilustraciones 26, 27 y 28)



**Ilustración 26 Introducción de la mezcla en la prensa hidráulica**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 27 Retiración de exceso de mezcla de la maquina**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 28 Compactación de la mezcla en los bloques**

Fuente: Elaboración propia

Después de ser compactados, se procede a retirar los bloques de la máquina manual vibro compactadora. (Referirse a la Ilustración 29)



**Ilustración 29 Máquina Manual Vibrocompactadora de Bloques**

Fuente: Elaboración propia

Al sacarlos de la prensa, los bloques se dejan al aire libre para que se sequen, luego se deben rociar con agua cada 3-4 horas por 3-4 días para luego poder ser utilizados. (Referirse a las ilustraciones 30, 31 y 32)



**Ilustración 30 Bloques elaborados con mayor cantidad cáscara de arroz en la mezcla**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 31 Bloques elaborados con igual cantidad de cemento y cáscara de arroz**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 32 Bloques elaborados con menor cantidad de cáscara de arroz**

Fuente: Elaboración propia

Los trabajadores de la bloquera hicieron la recomendación de dejar secar por más días los bloques, esto debido a que pensaban que la mezcla no iba a compactar de la forma adecuada, de hecho, pensaban que no iba a compactar del todo. La recomendación también se dio debido a que, pensaron que, incluso si llegaba a compactar, los bloques iban a quedar débiles y esperar daría mayores posibilidades de bloques más sólidos.

#### 4.6.4. Mediciones de los Bloques Elaborados

En esta sección se estarán detallando las tres mediciones por las cuales pasarán los bloques para así poder determinar cuál será el mejor escenario. Cabe destacar que las tres mediciones serán aplicadas para los tres escenarios previstos.

##### *4.6.4.1. Medición de la conductividad térmica*

Para medir la conductividad térmica se utilizará una placa caliente. Esta herramienta no puede comprarse, por lo tanto, es necesario fabricarla, en El Progreso, Yoro en el Instituto Técnico

Loyola que provee ayuda para proyectos así siempre y cuando se provean los materiales para fabricarla y es allí donde se fabricara dicha herramienta. El proceso de medición consiste en: colocar el bloque en medio de dos placas que lo estén tocando directamente, una de las placas permanecerá a temperatura ambiente mientras la otra es la que genera calor, y la medición consiste en que tanto calor llega hacia la placa a temperatura ambiente, en otras palabras, que tanto calor puede pasar por medio del bloque.

#### *4.6.4.2. Medición de la resistencia a la compresión*

Para esta medición se hará uso de una prensa de compresión hidráulica, está la podemos encontrar en el instituto técnico mencionado anteriormente. La medición consiste en colocar el bloque en la prensa y ejercer presión mediante la prensa y observar que tanta presión es capaz de soportar dicho bloque. Luego de esto, se estará comparando con la cantidad de presión que puede soportar un bloque tradicional.

#### *4.6.4.3. Medición de la humedad*

La medición de la humedad consiste en humedecer el bloque al sumergir el bloque por 24 horas en un recipiente con agua. Después de esas 24 horas se deja secar por la misma cantidad de tiempo para asegurar que el bloque ya está seco tanto por dentro como por fuera. El bloque se pesa después de retirarlo del recipiente de agua y se pesa de nuevo hasta que está totalmente seco entre 3 a 4 días, con estos pesos se mide su porcentaje de humedad.

#### *4.6.4.4. Medición de Degradación por humedad*

La medición de la degradación consiste en: colocar un recipiente y llenarlo con agua, luego sumergir el bloque y sacarlo y dejarlo que seque, esto se repetirá y se observará si el bloque presenta algún tipo de degradación o daño por la humedad. Este paso se estará repitiendo 5 veces y anotar los resultados obtenidos por cada vez.

#### 4.7. METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

Para evaluar la metodología de validación se plantea describir los resultados esperados con este proyecto de investigación.

##### 4.7.1. Resultados Esperados

Para conductividad térmica se espera que el mejor sea el escenario 1 porque la mayor cantidad de cascarilla de arroz puede ser más beneficiosa en esa área. En cuanto a resistencia, se espera que el escenario 3 tenga un mejor resultado debido a la mayor cantidad de cemento. En humedad, se espera que el escenario 2 tenga un mejor resultado debido a su porcentaje equitativo de componentes. Aunque haya un resultado esperado para cada medición, se espera que sobre todo el que sea el mejor escenario es el escenario 2, esto se debe a que tiene la misma cantidad de mezcla y cascarilla, lo cual lo hará más parecido a un bloque tradicional, pero de igual forma tenga una muy buena conductividad térmica.

#### 4.8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En esta sección se muestran todas las actividades realizadas para la elaboración del proyecto de investigación, iniciando con la validación del planteamiento del problema y finalizando con las conclusiones, recomendaciones y limitaciones. (Referirse a la Tabla 2)

**Tabla 2 Cronograma de actividades**

Desarrollo de las actividades del proyecto	Semana								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Validación del planteamiento del problema.	■								
Realización del marco teórico del proyecto.		■	■						
Definir la metodología a utilizar.			■	■					
Obtención de resultados y análisis				■	■	■			
Introducción y resumen							■		
Conclusiones, recomendaciones y limitaciones								■	■

Fuente: Elaboración propia

## **V. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

En este capítulo se presentarán los resultados obtenidos a través de la elaboración de la muestra y prototipo de los bloques como aislante térmico con biomasa de la cáscara de arroz. Como objetivo se tiene responder a todas las preguntas de investigación y cumplir con los objetivos previamente definidos.

Los resultados se dividirán en seis secciones:

Datos Obtenidos

Análisis de las propiedades de los bloques de hormigón con cáscara de arroz

Análisis económico de la fabricación de los bloques en los tres escenarios

Análisis comparativo de las propiedades de los bloques elaborados en los tres escenarios

Análisis comparativo entre bloques con cáscara de arroz y bloques comerciales

Eficiencia energética de los bloques elaborados

### **5.1. DATOS OBTENIDOS**

Un bloque tradicional tarda 28 días en estar listo, pero debido a la demanda actual solo se espera entre 3-4 días que estos se sequen para poder venderlos y distribuirlos, al realizar los bloques los muchachos que ayudaron a elaborarlos hicieron una recomendación. Al ser bloques con biomasa existe la posibilidad que no tengan la misma capacidad de secado rápido por la absorción de agua, por lo que recomendaron dejarlos secar por 9 días para así no arriesgar tiempo por bloques fallidos. Una vez pasado los 9 días se prosiguió a pesar los bloques en estado seco. (Referirse a las Ilustraciones de la 33 a la 38)





**Ilustración 33 Medición del peso del bloque del Escenario 1**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 34 Medición del peso del bloque del Escenario 1**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 35 Medición del peso del bloque del Escenario 2**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 36 Medición del peso del bloque del Escenario 2**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 37 Medición del peso del bloque del Escenario 3**

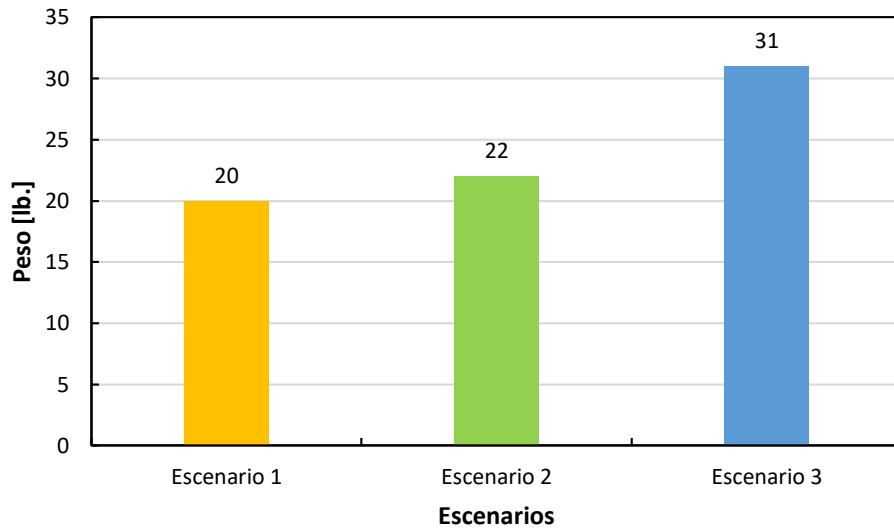
Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 38 Medición del peso del bloque del Escenario 3**

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se puede observar que entre mayor sea el porcentaje de cemento en la mezcla del bloque, mayor será su peso como se puede apreciar en la Gráfica 2.



**Gráfica 2 Pesos obtenidos de las muestras en estado seco**

Fuente: Elaboración propia

De igual forma se puede observar que entre mayor cáscara de arroz hay en el bloque se puede observar un tono más amarillento en el bloque. (Referirse a las Ilustraciones 39 y 40)



**Ilustración 39 Muestras de bloques realizados**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 40 Muestras de bloques realizados**

Fuente: Elaboración propia

## **5.2. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES LOS BLOQUES DE HORMIGÓN CON CÁSCARA DE ARROZ**

A simple vista se nota un cambio en el color de los bloques, los escenarios 1 y 2 presentan un tono amarillento en el bloque, lo que hace que tenga un parecido con un bloque de adobe; el escenario 3 presenta siempre un tono amarillento, pero es considerablemente menor que los demás escenarios debido a la mayor cantidad de cemento en su mezcla.

El peso de los escenarios también varía, mayormente entre el escenario 1 y 3. El escenario 1 tiene el menor peso, sus bloques, estos pesando 22 libras. El escenario 2 presenta el mismo peso que el escenario 1. El escenario 3 presenta una notable diferencia, debida al mayor contenido de cemento en su mezcla, pesando 28 libras.

Al tocar los bloques, se notó que los tres escenarios mostraban una textura similar. Al momento de recoger los bloques, se optó por manejar por una calle de tierra con bastantes baches para ver si los bloques llegarían intactos, al llegar al destino se analizaron los bloques y se notó que llegaron en las mismas condiciones que cuando se introdujeron en el carro. Para poder indagar más en el tema de resistencia, se ha dedicado una sección especial más adelante.

### 5.2.1. Flujo de Calor

Para la prueba de flujo de calor se optó por utilizar la placa de una arrocera para el calentamiento de una platina. Luego, se obtuvieron dos platinas para la prueba, una se calienta con la placa de la arrocera hasta que esta llegue a 50 grados Celsius, la siguiente se enfría a 20 grados Celsius. Se optó por estas temperaturas, ya que, la temperatura del país todavía no excede los 50 grados Celsius y en promedio la temperatura del país en días frescos suele ser 20 grados Celsius. Dichas platinas se colocan en lados opuestos del bloque, una vez puestas, se revisa la temperatura de la placa fría por el hecho de que es la que recibe calor. (Referirse a las Ilustraciones 41, 42 y 43)



**Ilustración 41 Método de placa caliente en Escenario 1**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 42 Método placa caliente en Escenario 2**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 43 Método de placa caliente en Escenario 3**

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidas todas las temperaturas se hace el cálculo. (Referirse a la Tabla 3)

**Tabla 3 Resultados de Flujo de Calor por Placa Caliente**

Conductividad Térmica					
Ítem	Descripción	Temperatura Inicial (°C)	Después de 15 min (°C)	Después de 30 min (°C)	Después de 1 hora (°C)
1	Escenario 1	20°C	24°C	24.46°C	25°C
2	Escenario 2	20°C	26°C	27.37°C	29°C
3	Escenario 3	20°C	28°C	31°C	32.42°C

Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir que el escenario 1 tiene un menor flujo de calor, ya que después de una hora la temperatura se elevó apenas 5 grados Celsius, cabe destacar que este resultado fue de acuerdo con lo estipulado en la hipótesis. El escenario 2 tuvo como resultado final un aumento de temperatura de 9 grados Celsius, poniéndolo en un flujo de calor intermedio entre los tres escenarios. El escenario 3 tuvo el mayor aumento de temperatura, aumentando 12.42 grados Celsius después de una hora. Se concluye que, en cuanto a flujo de calor, el escenario 1 es el que mejor resultado presenta, ya que, entre menor sea el flujo de calor, mejor.

### 5.1.3 Conductividad

Para conductividad térmica, se utilizaron los datos obtenidos de las pruebas de flujo de calor y estos se utilizaron junto a dos fórmulas. Para obtener el gradiente de temperatura se obtuvo mediante la fórmula:  $T_b - T_a / D_{a-b}$ . Donde  $T_b$  es temperatura en el punto b,  $T_a$  es temperatura en el punto a y  $D_{a-b}$  es la distancia entre el punto a y b. Al utilizar la fórmula se obtuvo un gradiente de temperatura de 214.74.

Al tener los datos de flujo de calor y gradiente de temperatura, se utilizó la fórmula de coeficiente de temperatura para obtener los siguientes datos: 0.023 W/m K para el escenario 1, 0.042 W/m K para el escenario 2 y 0.058 W/m K para el escenario 3. El escenario 1 presenta los mejores resultados, ya que, menor es mejor en esta prueba y nos indica que entre mayor sea el porcentaje de cascarilla del arroz, menor será la conductividad térmica en el bloque. (Referirse a la Tabla 4, Gráfica 3 y Gráfica 4)

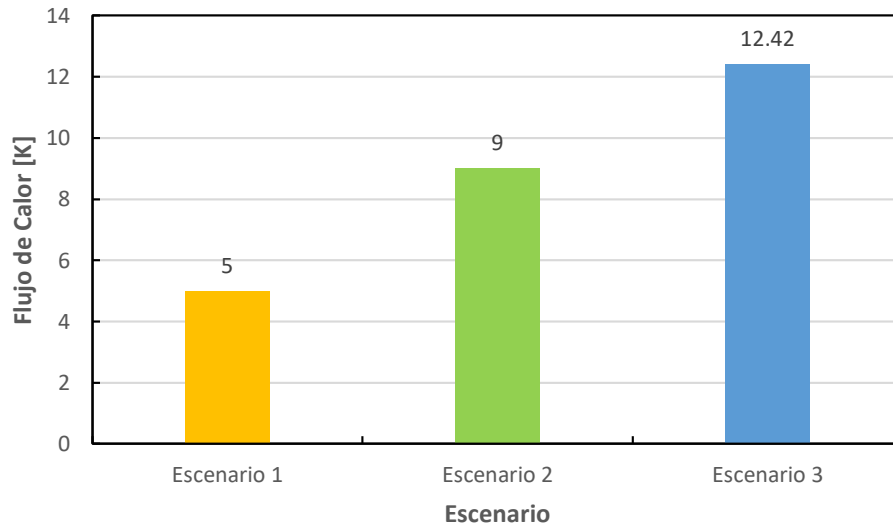


**Tabla 4 Resultados de Conductividad Térmica**

<b>Conductividad Térmica</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Gradiente de Temperatura</b>	<b>Flujo de Calor</b>	<b>Conductividad Térmica [W/m K]</b>
<b>1</b>	<b>Escenario 1</b>	214.74	5	0.023
<b>2</b>	<b>Escenario 2</b>	214.74	9	0.042
<b>3</b>	<b>Escenario 3</b>	214.74	12.42	0.058

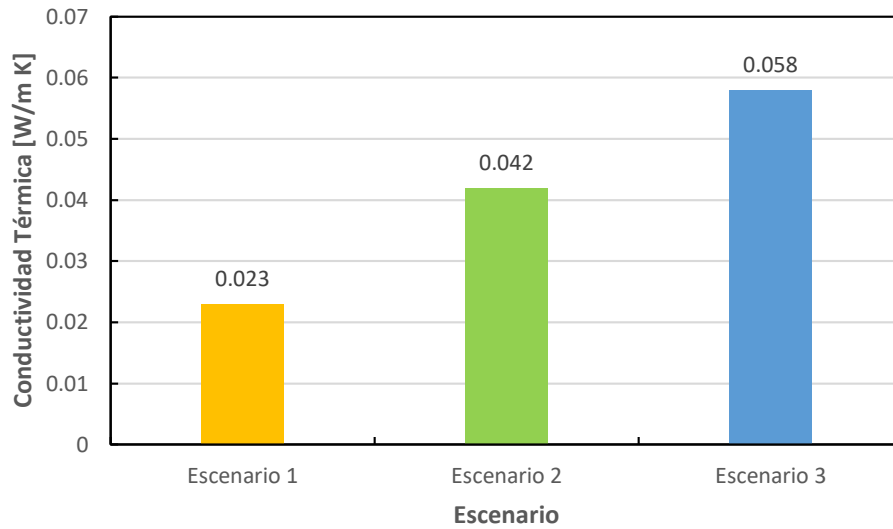
Fuente: Elaboración Propi

**Gráfica 3 Resultados de Flujo de Calor en los tres escenarios**



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfica 4 Resultados de Conductividad Térmica en los tres escenarios**



Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.2. Resistencia

Para poder realizar la prueba de resistencia se utilizó una prensa hidráulica manual en la cual cada bombeo ejercía una presión de 30 psi o 206,843 Pa sobre cada muestra y así poder calcular su resistencia. (Referirse a las Ilustraciones 44, 45, 46, y 47)



**Ilustración 44 Prueba de resistencia al Escenario 1**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 45 Prueba de resistencia al Escenario 2**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 46 Prueba de resistencia al Escenario 3**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 47 Prueba de resistencia al Escenario 3**

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizadas se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 5.

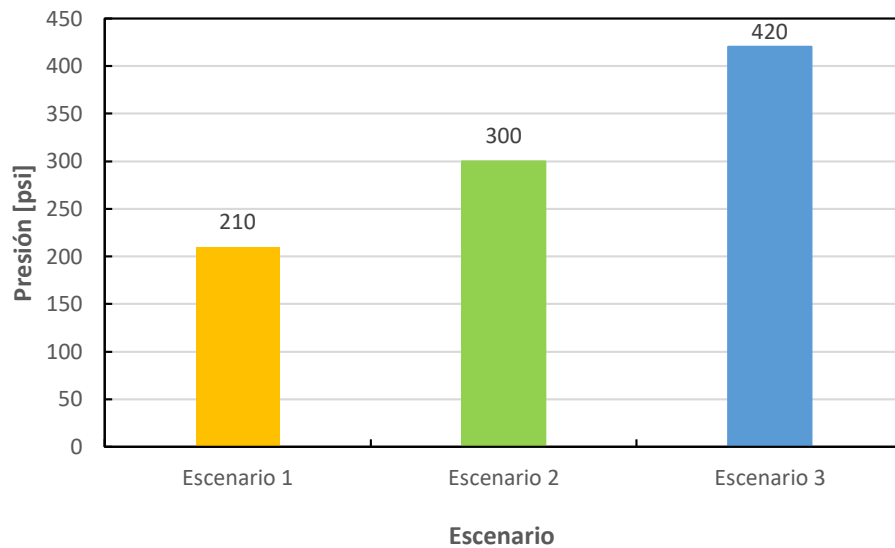
**Tabla 5 Resultados de las pruebas de resistencia**

<b>Ítem</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>Presión (kg/cm2)</b>	<b>Presión (Pa)</b>	<b>Presión (Mpa)</b>
Escenario 1	210	14.76	1447899.03	1.44
Escenario 2	300	21.09	2068427.19	2.06
Escenario 3	420	29.53	2895798.06	2.89

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el escenario con menor resistencia fue el escenario 1 con un total de 210 psi, seguido por el escenario 2 con una resistencia de 300 psi. Esto hace que el escenario con mayor resistencia sea el escenario 3 con 420 psi. (Referirse a la Gráfica 5)

**Gráfica 5 Resultados de las pruebas de resistencia**



Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3. Humedad

Al realizar la prueba de humedad se pudo notar que el peso de los bloques no fue afectado por el mismo, el peso fue el mismo que antes de realizar la prueba. Esto comprueba que los bloques elaborados con cascarilla de arroz resultan buenos, ya que no absorben agua. Cabe recalcar que el bloque del escenario 1 perdió una leve parte de una esquina después de realizar la prueba, lo que indica que, aunque no absorba agua, el escenario 1 es más frágil que los demás bloques de la investigación. Los bloques del escenario 2 y 3 se mantuvieron perfectamente igual que antes de la prueba, lo que indica que no absorben agua y tienen una muy buena resistencia a la degradación por humedad. Es importante indicar que al secarse nuevamente los bloques tampoco desarrollaron grietas ni agujeros en ninguna parte. (Referirse a las Ilustraciones 48 a la 55)



**Ilustración 48** Peso previo a la prueba de humedad en el escenario 1

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 49** Peso previo a la prueba de humedad en el escenario 2

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 50 Peso previo a la prueba de humedad en el escenario 3**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 51 Prueba de humedad**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 52 Prueba de humedad**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 53 Peso después de la prueba de humedad en el escenario 1**

Fuente: Elaboración propia





**Ilustración 54** Peso después de la prueba de humedad en el escenario 2

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 55** Peso después de la prueba de humedad en el escenario 3

Fuente: elaboración propia

Sea mucho mejor, de los tres escenarios que fueron sometidos a la prueba de humedad es el escenario 2, que presenta el menor porcentaje de humedad. Medir el porcentaje de humedad es necesario, ya que si el bloque absorbe menos agua es más resistente a cambios meteorológicos, no afecta su durabilidad y tendrá una mejor vida útil. Para calcular el porcentaje de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(M1-M2)}{M2} \times 100$$

**Fórmula 2 Fórmula de porcentaje de humedad**

Dónde: M1= Masa en estado Húmedo (kg)

M2= Masa en estado Seco (kg)

El Escenario 1 fue el que obtuvo un mayor porcentaje de humedad con un 5% y el escenario 3 obtuvo un porcentaje de humedad del 3.2%. (Referirse a la Tabla 6).

**Tabla 6 Tabla de cálculo del porcentaje de humedad**

Ítem	Peso previo a la prueba de humedad		Peso después de la prueba de humedad		Porcentaje de humedad (%)
	Libras (lb)	Kilogramos (Kg)	Libras (lb)	Kilogramos (Kg)	
<b>Bloque 1</b>	<b>20</b>	<b>9.07</b>	<b>21</b>	<b>9.53</b>	<b>5.00%</b>
<b>Bloque 2</b>	<b>22</b>	<b>9.98</b>	<b>22.5</b>	<b>10.21</b>	<b>2.30%</b>
<b>Bloque 3</b>	<b>31</b>	<b>14.06</b>	<b>32</b>	<b>14.51</b>	<b>3.2%</b>

Fuente: Ilustración propia

#### 5.2.4. Degradación

Para la prueba de degradación se sumergieron las muestras en un recipiente con 24 cm de agua por 30 segundos y de ahí se colocaron a secar. Se repitió 5 veces este proceso. En el Escenario 1 que es el bloque con mayor porcentaje de cáscara de arroz y menor porcentaje de cemento, se observó que quedaron varios residuos dentro del recipiente al remover el bloque. (Referirse a las ilustraciones 56,57 y 58)



**Ilustración 56** Ensayo de degradación en el Escenario 1

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 57** Residuos por el ensayo de degradación en el Escenario 1

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 58 Muestra del Escenario 1 después de ser sumergida en el recipiente con agua**

Fuente: Elaboración propia

En el escenario 2 que es el bloque con igual cantidad de cáscara de arroz y cantidad de cemento, se observó que fue mínima la cantidad de residuo que quedó en el recipiente al remover el bloque en comparación con el Escenario 1. (Referirse a las Ilustraciones 59, 60 y 61)



**Ilustración 59 Ensayo de degradación en el Escenario 2**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 60 Residuos por el ensayo de degradación en el Escenario 2**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 61 Muestra del Escenario 2 después de ser sumergida en el recipiente con agua**

Fuente: Elaboración propia

En el escenario 3 que es el bloque con mayor cantidad de cemento y menor cantidad de cáscara de arroz, se observó que fue mínima la cantidad de residuo que quedó en el recipiente al remover el bloque en comparación con el Escenario 1 y similar al residuo obtenido en el Escenario 2. (Referirse a las Ilustraciones 62, 63 y 64)



**Ilustración 62** Ensayo de degradación en el Escenario 3

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 63** Residuos por el ensayo de degradación en el Escenario 3

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 64 Muestra del Escenario 3 después de ser sumergida en el recipiente con agua**

Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir al obtener estos resultados que, al dejar poco residuo después de ser sumergidos, los bloques presentan un buen grado de compactación e indica su leve degradación ante cambios climáticos.

### **5.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES EN LOS TRES ESCENARIOS**

Para mayor entendimiento del lector. Para poder realizar el análisis económico se tomaron en cuenta los costos de los siguientes factores: cáscara de arroz, arena, cemento y mano de obra. Primero, se realizó un análisis para obtener el costo total de la elaboración de bloques, luego se realizaron análisis para cada uno de los escenarios. (Referirse a la Tabla 7 y a la Tabla 8)

**Tabla 7 Costos Generales de Elaboración**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total (L.)</b>
1	Arena	2 Sacos	50 libras	L.1 por libra	L 100.00
2	Cáscara de arroz	2 Sacos	70 libras	L.1.28 por libra	L 90.00
4	Cemento Bijao		19 libras	L.5 por libra	L 95.00
<b>Costos de Materiales de Construcción de Bloques de los tres escenarios</b>					<b>L 285.0</b>
5	Mano de Obra	2 trabajadores		150 por persona	L 300.00
<b>Costo Total de Construcción de Bloques de los tres escenarios</b>					<b>L 585.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 8 Costos Reales de Elaboración**

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total (L.)
1	Arena	2 Sacos	50 libras	L.1 por libra	L 100.00
2	Cáscara de arroz utilizada		17.5 libras	L.1.28 por libra	L 22.4
3	Cemento Bijao		19 libras	L.5 por libra	L 95.00
<b>Costos de Materiales de Construcción de Bloques de los tres escenarios</b>					<b>L 217.4</b>
5	Mano de Obra	2 trabajadores		150 por persona	L 300.00
<b>Costo Total de Construcción de Bloques de los tres escenarios</b>					<b>L 517.4</b>

Fuente: Elaboración Propia

Con estos costos se pueden ver los materiales comprados y también solo lo que fue utilizado. La mano de obra solo se estará analizando en esta sección debido a que el cobro realizado por la bloquera fue general, ya que los empleados ganan por día, entonces con base en eso fue el cobro. Al realizar todo el cálculo se observa que toda la elaboración tuvo un costo de L. 517.4.

Analizando el primer escenario, solo se utilizaron 25 libras de arena, 9 libras de cascarilla de arroz y 5 libras de cemento, todo esto fue suficiente para elaborar dos bloques. En total, ambos bloques llegan a un costo de elaboración de L. 30.76 individualmente. (Referirse a la Tabla 9)

**Tabla 9 Costos de Elaboración en el Escenario 1**

Ítem	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Arena	25 libras	L.1 por libra	L 25.00
2	Cáscara de arroz	9 libras	L.1.28 por libra	L 11.52
3	Cemento	5 libras	L.5 por libra	L 25.00
<b>Costo Total de Construcción de Bloques del Escenario 1</b>				<b>L 30.76</b>

Fuente: Elaboración Propia

En el escenario 2, se utilizaron 6 libras de cascarilla de arroz, 35 libras de arena y 6 libras de cemento, esto para 3 bloques. Juntos suman un precio de L.24.22 individualmente, lo cual lo vuelve más económico que el escenario 1. (Referirse a la Tabla 10)



**Tabla 10 Costos de Elaboración en el Escenario 2**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
1	Arena	35 libras	L.1 por libra	L 35.00
2	Cáscara de arroz	6 libras	L.1.28 por libra	L 7.68
3	Cemento	6 libras	L.5 por libra	L 30.00
<b>Costo Total de Construcción de Bloques del Escenario 2</b>				<b>L 24.22</b>

Fuente: Elaboración Propia

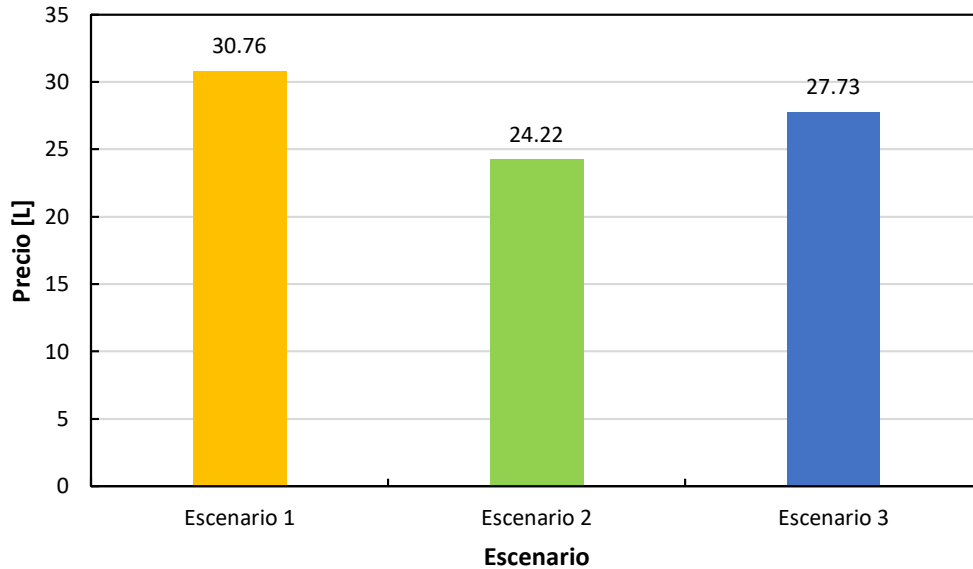
En el escenario 3, se utilizaron 2.5 libras de cascarilla de arroz, 40 libras de arena y 8 libras de cemento, esto para elaborar 3 bloques. Juntos suman un total de L.27.73 individualmente. Esto lo vuelve más económico que el escenario 1 pero más caro que el escenario 2. (Referirse a la Tabla 11 y Gráfica 6)

**Tabla 11 Costos de Elaboración en el Escenario 3**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
1	Arena	40 libras	L.1 por libra	L 40.00
2	Cáscara de arroz	2.5 libras	L.1.28 por libra	L 3.20
3	Cemento	8 libras	L.5 por libra	L 40.00
<b>Costo Total de Construcción de Bloques del Escenario 3</b>				<b>L 27.73</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfica 6 Costos de Elaboración en los 3 escenarios elaborados**



Fuente: Elaboración Propia

#### **5.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS BLOQUES ELABORADOS EN LOS TRES ESCENARIOS**

Una vez obtenidos todos los resultados de las pruebas de evaluación y costos de elaboración de los tres escenarios, se procede a realizar un análisis comparativo de estas propiedades entre los escenarios realizados para seleccionar el escenario con mejores resultados con base en un costo-beneficio. (Referirse a la Tabla 12)

**Tabla 12 Tabla comparativa de los bloques elaborados en los tres escenarios**

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
<b>Peso [Lb.]</b>	20	22	31
<b>Porcentaje de Humedad [%]</b>	5.0	2.3	3.2
<b>Resistencia [psi]</b>	210	300	420
<b>Coefficiente Conductividad Térmica [W/mK]</b>	0.023	0.042	0.058
<b>Flujo de Calor [K]</b>	5	9	12
<b>Precio (L.)</b>	30.76	24.22	27.73

Fuente: Elaboración Propia

El Escenario 1 es el escenario con mayor porcentaje de humedad, menor resistencia, menor coeficiente de conductividad térmica y es el escenario más caro, pero tiene un menor flujo de calor. Debido a esto se descarta al Escenario 1 por sus pocos beneficios y un alto costo. El Escenario tiene una alta resistencia, es más pesado que los demás bloques, tiene un alto coeficiente de conductividad térmica, un aceptable porcentaje de humedad y un precio menor al Escenario 1, pero mayor que el Escenario 2, pero tiene el mayor flujo de calor de los tres escenarios. El Escenario 2 tiene buena resistencia, buen coeficiente conductividad térmica, el mejor porcentaje de humedad de los tres escenarios, tiene buen peso, tiene el flujo de calor más adecuado y es el escenario con el menor precio. Debido a que el Escenario 2 tiene la mejor relación costo-beneficio, se seleccionó como el escenario con mejores resultados.

### **5.5. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE BLOQUES ELABORADOS CON CASCARA DE ARROZ Y BLOQUES COMERCIALES**

En el análisis comparativo se decidió comparar el escenario con mejores resultados junto a bloques comerciales de cemento y bloques de adobe.

**Tabla 13 Tabla comparativa entre bloques elaborados y bloques utilizados en construcción**

Ítem	Descripción	Absorción de Humedad [%]	Resistencia [Mpa]	Conductividad Térmica [W/mK]	Precio [L.]
1	Bloque Escenario 2	2.3	2.06	0.042	24.22
2	Bloque Comercial	25.26	6.86	0.338	14.5
3	Bloques Adobe	30	2.6	0.8	6

Fuente: Elaboración Propia

En términos de absorción de humedad, el escenario 2 de esta investigación presenta mejores resultados, esto indicando que, un bloque comercial absorbe un 23 % más de humedad

que un bloque del escenario 2. En cuanto a resistencia a la compresión, los bloques comerciales presentan mayores resultados, esto proviene del mayor porcentaje de cemento en su mezcla, lo cual lo hace más resistente. En conductividad térmica, el escenario 2 nuevamente presenta mejores resultados gracias a su agregado de cascarilla del arroz, lo cual lo hace 8 veces menor que la conductividad térmica de un bloque comercial. Por último, en precios el bloque comercial es L. 8.66 más barato que un bloque del escenario 2. Todo esto lleva a una conclusión que un bloque con agregado de cascarilla del arroz si es más eficiente que un bloque comercial, ya que, la diferencia en conductividad térmica es muy notable, pero si cabe recalcar que se pierde una gran cantidad de resistencia a la compresión y son más caros que los bloques comerciales. En comparación a un ladrillo de adobe, se puede notar que hay mucha más absorción de humedad por parte del ladrillo de adobe y la resistencia a la compresión es muy similar en el escenario 2 y en un ladrillo de adobe. La diferencia más notable es en conductividad, ya que es mucho mayor que la diferencia entre un bloque comercial y el escenario 2 porque, es de 0.8 W/m K, por último, el ladrillo de adobe tiene la mayor ventaja, siendo que cada ladrillo cuesta únicamente L. 6.

## **5.6. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS BLOQUES ELABORADOS**

Después de obtener los datos de conductividad térmica, escoger el mejor resultado (siendo este el escenario 2) y compararlo con un bloque comercial; se obtuvo que la conductividad térmica del escenario 2 es de 0.042 W/m K y el de un bloque comercial es de 0.338 W/m K. Al tomar estos datos se obtiene que si se utiliza un bloque del escenario 2 se estaría obteniendo una reducción del 87 % en conductividad térmica.

Al optar por este tipo de medidas de ahorro se satisfacen requisitos de habitabilidad, haciendo que las viviendas puedan ser más frescas y siempre disminuyendo el consumo. Este tipo de medidas de eficiencia resultan en un ahorro de entre 9 % a 25 % en el mejor de los casos en cuanto a la factura de energía eléctrica.

## VI. CONCLUSIONES

Se elaboraron bloques con cascarilla de arroz y hormigón, en tres diferentes escenarios, variando la concentración de cáscara de arroz y hormigón en la mezcla, con la intención de evaluar su factibilidad técnica y económica como alternativa, un bloque tradicional de cemento. Para obtener su factibilidad tecno-económica se utilizaron pruebas de: conductividad térmica, degradación por humedad, absorción de humedad, resistencia a la compresión. De igual forma, se establecieron los costos de la materia prima y se elaboraron tres escenarios con el fin de indicar que combinación de la mezcla presenta los mejores resultados y sobre todo la mayor eficiencia energética. La investigación presentó los siguientes resultados:

Se estimó que los costos para realizar los tres escenarios de bloques fueron de L. 517.4

Se observó que los bloques presentan un porcentaje de absorción de agua casi nulo, siendo este de 5% para el escenario 1, 2.3% para el escenario 2 y 3.2% para el escenario 3.

Se notó que entre mayor sea el porcentaje de cascarilla del arroz en la mezcla y menor el porcentaje de cemento, menor será el peso final del bloque como se puede apreciar en los escenarios 1 y 2.

Al utilizar mayor porcentaje de cáscara de arroz en la mezcla y reducir el porcentaje de cemento, se obtienen mejores resultados en cuanto al flujo de calor, pero se sacrifica la resistencia del bloque como se pudo apreciar en la prueba con prensa hidráulica, siendo el porcentaje con mayor porcentaje de cáscara el menos resistente.

Se comprobó que entre mayor sea el porcentaje de cascarilla de arroz en la mezcla menor será la conductividad térmica en el bloque, lo cual es bueno, ya que, será menor el calor que pasa a través del bloque. Los resultados para el escenario 2 fueron tales que su conductividad térmica es 8 veces menor que la de un bloque comercial.

Se mostró qué medidas de eficiencia como el mejoramiento del aislamiento térmico pueden resultar en ahorros de 9 % a 25 % en la factura de energía eléctrica.

Se seleccionó como el mejor resultado al escenario 2 en cuanto a su relación costo-beneficio en comparación con los resultados y costos de los demás escenarios. Los bloques elaborados en el escenario 2 eran los bloques con una resistencia aceptable, un buen flujo de calor, siempre manteniendo un buen coeficiente de conductividad térmica, el menor porcentaje de humedad, poca degradación y con el menor costo.

## VII. LIMITACIONES

Las limitaciones a la hora de realizar este trabajo fueron las siguientes:

La mayor dificultad que se presentó fue la elaboración de la placa caliente, todo esto debido a que no se podría comprar, era una herramienta que había que elaborar y se necesitó la ayuda del Instituto Técnico Loyola ubicado en El Progreso, Yoro con la ayuda de los estudiantes de soldadura para poder crearla. Así mismo el cálculo y el tiempo invertido en crear y probar la herramienta fueron los factores más difíciles.

El tiempo de espera al momento de realizar los bloques también presentó una dificultad ya que, se necesitó darles más tiempo de secado para asegurar su función.

Las pruebas de absorción de humedad presentaron un leve problema ya que, los bloques debían estar 24 horas sumergidos en agua y después se esperaron 3 días de secado nuevamente, lo cual impidió que se pudieran realizar más pruebas debido a la espera.

Se espera que este trabajo pueda ser utilizado como estrategia de innovación para las viviendas de Honduras y demás países para que puedan reducir los costos de su factura de energía eléctrica viviendo con mayores comodidades. De igual manera, se espera que esta investigación sirva como motivación a implementar nuevas ideas que impulsen la eficiencia energética y ayudar al medio ambiente.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Con los resultados obtenidos se demostró que el uso de la cáscara de arroz cumple con las pruebas necesarias para su uso en materiales de construcción como bloques y además que puede ser utilizado y aplicado por todo el mundo.

Se debe de tener en cuenta los materiales que se van a utilizar en la mezcla como el agua y la arena, ya que con estos dos elementos hacen que la mezcla quede homogénea y lo suficientemente estable para poder colocarla en la maquina vibrocompactadora de bloques y sostenerse en las mesas de bloques una vez que sean retirados de la máquina.

Para obtener mejores resultados en las pruebas se recomienda secar los bloques por el mayor tiempo posible, para este estudio se dejaron secar por nueve días para lograr un mayor tiempo de secado en cuento al tiempo promedio de secado de bloques totalmente de cemento.



## IX. BIBLIOGRAFÍA

ENEE. (2019). *COBERTURA DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS AÑO 2018*.

Lillo, P. (2016). *Acceso a la energía para el Desarrollo Humano Sostenible. Análisis de proyectos con Energías Renovables y modelos de gestión comunitarios en zonas rurales*.

Etecé, E. (15 de July de 2021). Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/conductividad-termica/>

Etecé, E. (15 de July de 2021). Obtenido de concepto: <https://concepto.de/conductividad-termica/>  
*Balance Energético Nacional 2020*. (s. f.).

Beraldo, A. L. (s. f.). *Compuestos biomasa vegetal y cemento*. 28.

Cadena, C. G., & Silvera, A. J. B. (2002). *Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales*. 10.

Canto, A., Batista, M., Sánchez, J., Moreno, M., & James, A. (2018). *Aislante térmico a base de materiales orgánicos Development of a thermal-insulation based on organic materials*. 4, 4.

Carrera Hidalgo, A. I. (2015). TESIS DE GRADO MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES III PROMOCIÓN. 2015, 134.

Cohendoz, L. (2021). *La importancia de la educación en Eficiencia Energética*. 1, 10.

*Comisión Reguladoras de Energía Eléctrica*. (s. f.).

*Estado del clima en América Latina y el Caribe 2021.pdf*. (s. f.).

Fernández, D. (2019). Diseño de bloques con cascarilla de arroz para la construcción de losas aligeradas en edificaciones, Tarapoto 2018. 2019, 105.

Guzmán, K., Perpiñán, M., & Cataño, J. (s. f.). *Efecto de la incorporación de cascarilla de arroz sobre las propiedades mecánicas de concretos y bloques de suelo cemento. Una Revisión Sistemática*. 14.

Hernández Sampieri, R., & Fernández Collado, C. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.

Instituto Nacional de Estadística. (2021). Situación de pobreza. *2021*, 2.

Peña Ramírez, O. R., & Roman Enciso. (2018). *Diseño de un aislante térmico a base de fibras naturales para mitigar el impacto de las heladas en la comunidad de Cupisa* [Licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://doi.org/10.19083/tesis/625185>

Ramírez, A. (2002). *La construcción sostenible*. 4.

Schallenberg, E. N. (2008). Energías renovables y eficiencia energética. *2008*, 148.

Strange, T., & Bayley, A. (2014). *Desarrollo sostenible: Integrar la economía, la sociedad y el medio ambiente*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264175617-es>

Torres Giraldo, D. A. T., & Holguín, N. A. P. (2018). Título: Caracterización de la cascarilla de arroz y extracción de celulosa. *2018*, 37.

## X. ANEXOS

Calculo de coeficiente de conductividad Termica

$$13.97 \text{ cm} \rightarrow 0.1397 \text{ m}$$

$$\text{grad. } T = \frac{T_B - T_A}{D_r} = \frac{50 - 20}{0.1397} = 214.74 //$$

$$\lambda = \frac{q}{\text{grad. } T} = \frac{q}{214.74} = \boxed{0.04191 \text{ W/mK}}$$

↑  
Escenario 2

$$\lambda = \frac{5}{214.74} = \boxed{0.023 \text{ W/mK}}$$

↑  
Escenario 1

$$\lambda = \frac{12.42}{214.74} = \boxed{0.058 \text{ W/mK}}$$

↑  
Escenario 3

Scribe

Scanned with CamScanner