



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE TECNOLOGÍA PARA FABRICAR  
LADRILLOS ECOLÓGICOS CON DESECHOS PLÁSTICOS (PET) DEL RÍO MOTAGUA EN  
EL CASERÍO QUETZALITO EN PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

**Jorge Adalberto Chen Juárez**

Asesorado por la MSc. Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE TECNOLOGÍA PARA FABRICAR  
LADRILLOS ECOLÓGICOS CON DESECHOS PLÁSTICOS (PET) DEL RÍO MOTAGUA EN  
EL CASERÍO QUETZALITO EN PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JORGE ADALBERTO CHEN JUÁREZ**

ASESORADO POR LA MSC. INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Portillo España
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE TECNOLOGÍA PARA FABRICAR LADRILLOS ECOLÓGICOS CON DESECHOS PLÁSTICOS (PET) DEL RÍO MOTAGUA EN EL CASERÍO QUETZALITO EN PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 21 de agosto de 2021.

**Jorge Adalberto Chen Juárez**



EEPFI-PP-0018-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director  
Armando Fuentes Roca  
Escuela De Ingenieria Civil  
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

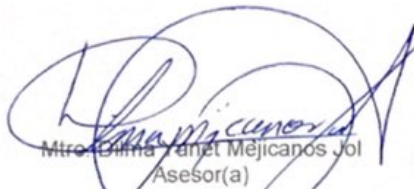
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE TECNOLOGÍA PARA FABRICAR LADRILLOS ECOLÓGICOS CON DESECHOS PLÁSTICOS (PET) DEL RIO MOTAGUA EN EL CASERÍO QUETZALITO EN PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión Ambiental - Tratamientos estrategias en la Gestión de Residuos - Problemática en la generación de residuos**, presentado por el estudiante **Jorge Adalberto Chen Juárez** carné número **201244800**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

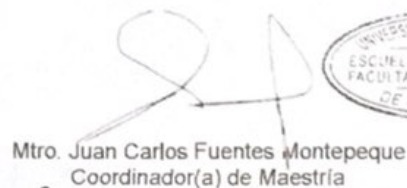
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

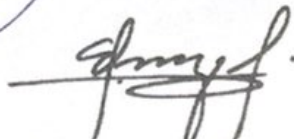
*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Mtro. Dilma Y. Mejicanos Jol  
Asesor(a)

  
Dilma Y. Mejicanos Jol  
Ingeniera Civil  
Col. 5947

  
Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría





Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP.EIC.0018.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE TECNOLOGÍA PARA FABRICAR LADRILLOS ECOLÓGICOS CON DESECHOS PLÁSTICOS (PET) DEL RIO MOTAGUA EN EL CASERÍO QUETZALITO EN PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Adalberto Chen Juárez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca  
Director  
Escuela De Ingenieria Civil

Guatemala, enero de 2022



LNG.DECANATO.OI.413.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA DE TECNOLOGÍA PARA FABRICAR LADRILLOS ECOLÓGICOS CON DESECHOS PLÁSTICOS (PET) DEL RÍO MOTAGUA EN EL CASERÍO QUETZALITO EN PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**, presentado por: **Jorge Adalberto Chen Juárez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la vida y sabiduría para poder culminar una meta más.
- Mis padres** Por haberme traído al mundo y guiado a través de él, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño que tanto he anhelado.
- Mis hermanos** Ada, Andrea, y Carlos Veliz, por su apoyo y compañía durante mi vida.
- Familia y amigos** A mi tía Aura Chen por permitirme vivir en su casa, a mis amigos Cristian Méndez, Roberto Figueroa, Juan López por estar siempre apoyando cada logro.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.
<b>Mi asesor</b>	MSc. Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
<b>Aura Chen</b>	Por abrirme las puertas de su casa y ser una tía ejemplar.
<b>Familia y amigos en general</b>	Por estar presentes en cada meta.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
3.1. Descripción del problema .....	13
3.2. Formulación del problema .....	14
3.3. Delimitación del problema.....	15
4. JUSTIFICACIÓN.....	17
5. OBJETIVOS .....	19
5.1. General.....	19
5.2. Específicos .....	19
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	21
7. MARCO TEÓRICO.....	25
7.1. Fundamentos científicos .....	25
7.2. Ladrillos ecológicos .....	27

7.3.	Tipos de ladrillos ecológicos.....	29
7.3.1.	Ladrillos de cenizas de carbón .....	29
7.3.2.	Ladrillo negro.....	30
7.3.3.	Ladrillo de plástico.....	31
7.3.4.	Ladrillo de cáñamo y paja.....	32
7.3.5.	Ladrillo de tierra.....	33
7.3.6.	Los ladrillos con plástico pet.....	34
7.4.	Composición de los ladrillos ecológicos .....	35
7.4.1.	Cemento.....	36
7.4.2.	Arena.....	37
7.4.3.	Plástico.....	38
7.5.	Procesos .....	41
7.6.	Procesos productivos .....	42
7.7.	Procesos de fabricación .....	44
7.8.	Procesos de compresión.....	45
7.9.	Procesos de curado .....	45
7.10.	Pet (polietileno tereftalato).....	46
7.11.	Normativa.....	46
7.12.	Propiedades a la resistencia mecánica .....	47
7.13.	Resistencia a la compresión.....	48
7.14.	Absorción de humedad .....	48
7.15.	Eco máquinas para fabricación de ladrillos .....	50
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	53
9.	METODOLOGÍA.....	57
9.1.	Características del estudio .....	59
9.2.	Unidades de análisis .....	59
9.3.	Variables .....	60

9.4.	Fases del estudio.....	62
9.4.1.	Fase 1: Revisión bibliográfica .....	62
9.4.2.	Fase 2: Gestión o recolección de la información ....	62
9.4.3.	Fase 3: Análisis de información .....	63
9.4.5.	Fase 4: Interpretación de información .....	63
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS .....	65
11.	CRONOGRAMA .....	69
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	71
13.	REFERENCIAS.....	73



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Ladrillo de carbón.....	30
2.	Pared de ladrillo oscuro.....	31
3.	Ladrillos ecológicos de cáñamo y paja .....	33
4.	Ladrillo de tierra .....	34
5.	Ladrillo pet construido a base de botellas de agua.....	35
6.	Proceso de fabricación de cemento .....	37
7.	Proceso de extracción de la arena .....	38
8.	Desarrollo de los procesos termoestables.....	40
9.	Máquina de trenzado para la elaboración de ladrillos ecológicos .....	51
10.	Moldes para ladrillo prensado .....	51

## TABLAS

I.	Sistemas de variables .....	60
II.	Prototipos de ladrillos ecológicos .....	63
III.	Cronograma .....	69
IV.	Recursos necesarios para la investigación.....	72



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>p</b>	Carga
<b>cm</b>	Centímetros
<b>&amp;</b>	Equivale a la conjunción y
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzal





## GLOSARIO

<b>Absorción</b>	Cantidad de agua que absorbe un espécimen estando sumergido.
<b>Alabeo</b>	Efecto que sufren los ladrillos cuando son sometidos a cargas verticales.
<b>Arena sílica</b>	Compuesto resultante de la combinación del sílice con el oxígeno.
<b>Axial</b>	En dirección al eje.
<b>Carga</b>	Fuerza que actúa sobre un objeto.
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono.
<b>Cocción</b>	Procedimiento para elevar la temperatura en un ladrillo.
<b>Compresión</b>	Carga de rotura dividida.
<b>Curado</b>	Proceso en el cual los ladrillos maduran y se endurecen.
<b>Elastómeros</b>	Material de alta compresibilidad y elasticidad.

<b>Gases</b>	Estado de la materia en la que puede moverse libremente.
<b>Industria petroquímica</b>	Industria que produce compuestos del petróleo y el gas natural.
<b>Ladrillos</b>	Material de construcción de forma octaédrica, usados en la albañilería.
<b>Ladrillos ecológicos</b>	Material de construcción cuya fabricación no supone un impacto ambiental tan grande como los convencionales.
<b>Mezcla</b>	Combinación de dos o más sustancias.
<b>PET</b>	Polietileno-Tereftalato, un tipo de plástico usado en botellas.
<b>Plástico</b>	Es un polímero derivado del petróleo.
<b>Polímero</b>	Grandes moléculas compuestas por la unión de moléculas pequeñas.
<b>Prototipo</b>	Primer ejemplar que se fabrica.
<b>Reciclado</b>	Proceso de recolección y transformación para convertir productos nuevos con productos usados.
<b>Resistencia</b>	Acción de oponerse a una fuerza.

**Termoestables**

Polímero que se puede calentar y moldear una sola vez.

**Termoplásticos**

Plástico que a altas temperaturas puede moldearse.



## RESUMEN

En el presente trabajo se investigó el uso de plástico reciclado tipo PET para la fabricación de ladrillos ecológicos para ser utilizados en la construcción de paredes en viviendas. En primer lugar, se realiza la evaluación y caracterización de los residuos sólidos que se generan en el río Motagua que cruza el caserío Quetzalito en Puerto Barrios, departamento de Izabal donde gran parte del total recolectado es material plástico, que se desecha libremente sin un tratamiento previo y es arrastrado por el cauce del río. De la misma manera se investigan las características del plástico, Polietileno Tereftalato (PET) para descartar efectos nocivos al momento de incluirlos en la mezcla con los materiales tradicionales como agregado fino, cemento y agua.

Se plantea la idea de elaborar ladrillos con dimensiones de 20\*10\*6 cm con adición de diferentes porcentajes de PET (10 %, 15 %, 30 %, 45 %, 55 %) en sustitución del árido fino. Posteriormente se deben efectuar diversos ensayos con finalidad de compararlos con los ladrillos de arcilla cocida o convencionales de uso común según los lineamientos establecidos por las Normas Guatemaltecas de Construcción. Una vez sean realizados los ensayos y analizada la información ya se puede obtener como resultado un ladrillo óptimo con el porcentaje de adición de PET el cuál debe ser sometido a un análisis térmico mediante una simulación en el programa recomendado (Designbuilder) para establecer qué niveles de confort.



# 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población genera una importante presión en la demanda de recursos naturales. Cada día es mayor la necesidad de energía, agua, materias primas y todo lo que requiere la sociedad moderna para darle un nivel de vida aceptable a su población. En algunos países, el aumento poblacional genera una demanda de vivienda que en ocasiones sobrepasa la capacidad de respuesta. Se requieren enormes cantidades de recursos materiales y energéticos para satisfacer las necesidades habitacionales y de infraestructura en la sociedad.

Entre tantos problemas que causa al ambiente el usar plástico tenemos la contaminación de ríos y mares. Un caso digno de atención es la contaminación por plásticos, entre ellos millones de botellas de PET que se aglomeran en el río Motagua en Guatemala. Este río desemboca en las costas de honduras; y por tal razón se ha formado un conflicto social-ambiental ya que los pobladores están sufriendo las consecuencias de que todo el ecosistema y hábitat del río, así como su desembocadura en el mar ha perdido gran potencial de pesca y otras actividades dañando muy severamente la de economía de esa zona.

Por tal razón, el caserío Quetzalito ha ido acumulando los desechos plásticos exponencialmente debido al alto consumo de este producto de un solo uso, los cuales son arrastrados diariamente por el cauce del río Motagua.

La valorización y utilización de material de los residuos sólidos como el plástico es una posibilidad de aprovechar los recursos existentes como insumo para la elaboración de elementos de construcción. De esta forma se da una



posible solución al problema ambiental que genera la mala disposición de residuos ya que, al ser utilizados como materia prima en la elaboración de ladrillos, se sustituyen materias primas que dejan de ser extraídas y explotadas en la naturaleza. Siendo el hormigón uno de los materiales de construcción de uso más extendido en el mundo, es de interés estudiar y evaluar las posibilidades de incluir materiales reciclados en su proceso de elaboración y posterior utilización en la construcción de diversas obras.

En la actualidad se puede observar variantes del reciclado en la construcción como lo es en la madera plástica, una forma muy útil de aprovechar el plástico y sustituirlo como madera.

La inclusión de PET (polietileno-tereftalato) en materiales de construcción nos brinda una factibilidad para la realización y fabricación de materiales de construcción de distintas alternativas de soluciones habitacionales más económicas y de buena calidad aprovechando las propiedades que ese tipo de plástico que se puede usar en la fabricación de, ladrillos, azulejos entre otros. Esta forma de incluir el PET como ingrediente en materiales de construcción permite aprovechar este recurso al disponer de una materia prima abundante ya que nuestra sociedad suele utilizar el plástico una sola vez y desecharlo.

El plástico es desechado colapsando vertederos y contaminando fuentes de aguas como ríos y ecosistemas marinos. Esta investigación se enfoca en la reutilización de este tipo de material (PET) para ayudar a disminuir parte de estos desechos y así mismo poder crear viviendas de bajo costo y de buena calidad para la población guatemalteca.

Para determinar la viabilidad de la elaboración de ladrillos ecológicos se tomarán en cuenta proyectos similares a la fabricación de este tipo de material,

relacionando los procesos que estos tengan y aprovechando los aportes que nos puedan brindar, como parte de los antecedentes.

En marco teórico, se desarrollará información necesaria para poder comprender estos procesos productivos y de fabricación como así mismo las características físicas que estos nos puedan brindar, también lo relacionado a las normativas las cuales deben cumplir con las resistencias necesarias ya sean a compresión y flexión respetando así los altos estándares de calidad esperados.



## 2. ANTECEDENTES

La generación de desechos plásticos se ha ido incrementando de una manera exponencial a medida que crece la población mundial, siendo un factor de perturbación ambiental muy impactante y negativo en la actualidad, dejando un daño en el medio ambiente que afecta todos los hábitats, el cual puede ser mitigado mediante prácticas de reciclaje como las mencionadas a continuación:

En el artículo *Una vida de plástico* de Santillán (2018), en este artículo se hizo referencia de que en la década los años 30 del siglo pasado fue cuando se empezó a generar el plástico, pero fue dos décadas más tarde en los años 50 donde la producción de este producto sintético incrementó su consumo sustituyendo algunos metales utilizados para la época. A lo largo de esta investigación se describe cómo ha sido la evolución del plástico y su uso, así como su masiva producción y como su disposición final ya representa un problema que se ha extendido a todo el mundo.

Lo más relevante para la presente investigación del artículo *Una vida de plástico* de la revista científica Ciencia UNAM es el análisis donde se destaca la forma progresiva en que fue en aumento la producción de plástico desde los años 50 hasta nuestros días, por eso Santillán (2018) indica que aunque originalmente los plásticos fueron vistos como una opción para sustituir otros materiales por las amplias propiedades que poseen como ligereza, resistencia, transparencia y costo, en la actualidad existen áreas para las que son un peligro ambiental debido las malas prácticas de disposición final.

Este enunciado sustenta la investigación del presente trabajo pues el problema de la acumulación de plástico en los diversos ambientes del planeta es muy grave ya que inclusive tenemos enormes islas de plásticos en los océanos perjudicando la vida marina y entrando a formar parte de la cadena alimenticias pues muchas especies de animales ingieren el plástico haciéndolo la parte de sus tejidos y estos al ser consumidos por otras especies completan el ciclo de la cadena alimenticia. Por tal motivo es importante explorar todas las áreas donde podemos utilizar el plástico reciclado entre ellos el PET para aprovechar sus características de resistencia y durabilidad y evitar que siga contaminando el ambiente.

Aguilar (2016) en la tesis de maestría *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante*, en el presente trabajo se documentó el uso de plástico reciclado para la fabricación de ladrillos para construcción de mampostería no portante. El PET es un tipo de plástico con características y propiedades muy convenientes que lo hacen muy atractivo para ser usado en la construcción de bloques o ladrillos de construcción de mampostería no portante.

El desarrollo del PET como uno de los ingrediente de los ladrillos de construcción, de la misma manera se investigan las características del plástico, Polietileno Tereftalato para descartar efectos nocivos al momento de incluirlos en la mezcla con los materiales tradicionales como son el cemento y agua, agregado fino. (Aguilar, 2016, p. 18)

Esta investigación sustenta la investigación presente pues concluyó que el PET puede ser utilizado con seguridad en la construcción de ladrillos pues la característica de este material no representa ningún riesgo por ser un material inerte es decir no presenta cambios químicos, tales como la de liberación energía,

absorber o almacenar agua, por lo que no se considera como material ofensivo para el hormigón. Se considera apropiado pues usa materiales locales, duraderos, es socialmente aceptable y su procesamiento para convertirlo a materia prima para la construcción es sencilla y sin consecuencias para el ambiente.

Según, Ojeda (2017), en su documento *Revisión bibliográfica: Hormigón con agregados de plástico reciclado*, este documento sirve de apoyo a la actual investigación pues recoge publicaciones importantes en revistas destacadas en el área de la investigación de calidad de materiales de construcción.

Lo más relevante para la presente investigación, según Ojeda (2017), es la conclusión a la cual se llevó sobre la inclusión del plástico en la construcción de paneles de hormigón armado la inclusión de plásticos, en forma de fibras o gránulos, en la elaboración de hormigón produce beneficios tales como el reciclaje de plásticos residuales procedentes de la actividad industrial y urbana; la sustitución de agregados naturales; y las mejoras en propiedades del hormigón.

El objetivo de este trabajo fue determinar los hallazgos anteriores a esta investigación y tomarlo como punto de partida en la actual investigación, para investigar aplicaciones de plásticos en estructuras de hormigón armado. Para ello se hizo una revisión de publicaciones en revistas autorizadas y certificadas donde se hizo énfasis en varios aspectos importantes sobre el reciclaje del plástico como; tipos de plásticos utilizados y procesos mecánicos para preparar los agregados plásticos; diseño de las mezclas de cemento; ensayos y propiedades sobre los plásticos, y el hormigón fresco y como endurecido. Posteriormente, se analizaron y discutieron los resultados obtenidos.

La abundancia de residuos plásticos y su acondicionamiento para ser usado como componente del concreto mejorando sus propiedades, se ha analizado como una alternativa eficiente en el uso del plástico en la construcción, ya que al ser utilizados como agregados en las mezclas para fabricar ladrillos ecológicos se ha obtenido un impacto positivo en el medio ambiente. Países como Brasil, Colombia, Argentina, Perú y Bolivia han implementado este tipo de tecnologías nuevas para poder reintegrar los residuos al ciclo productivo.

En el artículo *Guatemala se une a la campaña mares limpios de la ONU e intensifica su lucha contra el plástico*, MARN (2018), se destaca el esfuerzo del gobierno de Guatemala por tomar medidas para evitar que gran cantidad de plásticos que se acumula en los ríos terminan en los mares afectando el medio marino. Con esto se une al esfuerzo común de los países de la región con el fin de minimizar los efectos del plástico en los ecosistemas pluviales y oceánicos que tanto afectan a las especies que allí habitan impactando actividades como la pesca tan importante para el sustento de un número importante de personas.

Se resume según este enunciado Guatemala está luchando activamente contra la contaminación por plásticos a través de la innovación y el trabajo con las comunidades. Queremos invitar a la región y al mundo a unirse a estos esfuerzos para preservar mares limpios para esta generación y las próximas (MARN, 2018).

Guatemala está frenando y evitando que los residuos plásticos que viajan por el cauce de sus ríos lleguen al mar utilizando una técnica innovadora que consiste en una serie de herramientas: mallas artesanales que se instalan en los ríos, las mismas están hechas con residuos plásticos reciclados y recuperados. Estas redes llamadas biobardas están instaladas hasta ahora en los 87 en los diferentes ríos de Guatemala donde se concentra la de mayor acumulación de

plástico del país y están ayudando a las comunidades a recolectar los desechos, darles nueva vida o disponer de ellos de forma adecuada y segura.

En la tesis de maestría *Plan de negocios para la creación de una empresa de elaboración textil en base al plástico pet en el Cantón Guaranda de la Provincia Bolívar*, Patín (2018), se documentó la viabilidad de invertir en un proyecto de elaboración textil en base al plástico PET en el Cantón Guaranda de la Provincia Bolívar sirviendo como referencia a la actual investigación pues nos ayuda a determinar nuevas maneras de aprovechar el PET reciclado como materia prima para la elaboración de productos económicamente viables por lo cual representan un antecedente válido para el presente trabajo de investigación.

De acuerdo a Patín (2018) lo más relevante para la presente investigación es que “la creciente conciencia ambiental y la importancia del reciclaje en términos económicos, existe una oportunidad para el desarrollo empresarial en este sector. Sin embargo, en Ecuador todavía no hay empresas textiles que usen fibras plásticas PET como materia prima” (Patín, 2018, p. 46).

A pesar de que el estudio de viabilidad económica indica que es posible instalar una fábrica de textiles que utilice las fibras de PET como materia prima, todavía en Guatemala no es posible ver este tipo de proyectos.

Hace falta afianzar la cultura del reciclaje y clasificación y recolección de los residuos de plástico incluyendo el PET para que se pueda desarrollar toda una infraestructura que permita tener y disponer de una manera ordenada y sostenible de esta materia prima y así poder desarrollar empresas de este tipo que generen empleos y beneficios económicos a la población.



El artículo de Sanmartín (2017) titulado *El reciclaje: Un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista*. Tiene como propósito abordar el reciclaje como una opción viable donde esté presente la innovación que permita nuevas formas de producción alternativas y sustentables, fomentando la reutilización de material reciclado, creando y fortaleciendo una conciencia de manejo adecuado de desechos y especial cuidado del ecosistema.

Lo más relevante para la presente investigación son las acciones del proyecto buscan cumplir un proceso de responsabilidad social, se enfoca a crear conciencia ecológica en los jóvenes montalvinos e incentiva el emprendimiento, al involucrar a la comunidad educativa para que participe activa y voluntariamente en las actividades programadas (Sanmartín, 2017).

El reciclaje en general debe introducirse en la formación del sistema educativo para que desde muy temprana edad los alumnos se vayan familiarizando con este tipo de actividad. El correcto y adecuado uso de los recursos naturales (renovables o no de un país) depende en gran parte del nivel de educación ecológica de su población. Es pues una necesidad apremiante la realización de un programa pertinente y permanente en el tiempo de reciclaje. Es necesario que, desde las aulas de formación académica, los niños y jóvenes deben ver en el reciclaje un medio sustentable para generar ingresos, crear empleos verdes y ayudar al medio ambiente. Entender que el reciclaje es sustentable, es cultura, es educación y un negocio viable.

La compañía Eco ladrillos Cotopaxi tiene establecidas las proporciones de cada material en los tres diferentes ladrillos ecológicos para ser empleadas en la preparación de este producto, el primero no opta con las características primordiales establecidas de los ladrillos a base de cangahua, PET y aserrín. Por esta razón la indagación se la hace con el objeto de mirar y revisar las

características de la resistencia mecánica y absorción de humedad de los ladrillos ecológicos, implementando ensayos para decidir qué tipo de ladrillo tiene superiores características de resistencia mínima a la flexión, resistencia mínima a la compresión y absorción máxima de humedad basados en la Regla Técnica Ecuatoriana INEN 297.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La generación de desechos plásticos entre ellos los (PET) se ha incrementado en los últimos años a pasos agigantados en Guatemala debido al consumo masivo de productos cuyos envases están hechos de plástico de un solo uso como el PET. El río Motagua es uno de los más afectados ya que recorre una gran parte del país, pasando por varios vertederos clandestinos de los cuales arrastra todo tipo de desechos sólidos incluyendo plásticos, los cuales son en su mayoría botellas elaboradas con PET.

Dadas las circunstancias del uso desmedido del plástico de un solo uso se ha visto afectado en gran manera nuestros ríos, lagos y costas. Uno de ellos es el río Motagua debido a que la educación sanitaria en nuestro país es deficiente por parte de nuestras autoridades y cultura en general, tenemos el mal hábito de no colocar la basura en su debido lugar y como consecuencia tenemos que esta es botada en lugares no adecuados e incluso en ríos como lo es el caso del río Motagua, siendo uno de los ríos más afectados ya que recorre una gran parte del país, pasando por varios vertederos clandestinos de los cuales arrastra todo tipo de desechos sólidos incluyendo plásticos, los cuales son en su mayoría botellas elaboradas con PET.

#### **3.1. Descripción del problema**

Debido a que el río transporta todos estos desechos, el municipio de Quetzalito se ve afectado por dicha acumulación de material que al final de su trayecto en su desembocadura en las costas de Omoa, Honduras, descarga al mar los desechos arrastrados en su cauce, causando así inundaciones en el área

y problemas con el país vecino. Se vive en una época donde se buscan soluciones viables y amigables con el medio ambiente mediante prácticas nuevas o ya implementadas.

La fabricación de ladrillos convencionales también afecta al ambiente por la manipulación de manglares donde se extrae la arcilla y el dióxido de carbono que se emite al momento de su cocción.

### **3.2. Formulación del problema**

- Pregunta central

¿Qué propuestas de tecnologías pueden ser viables para la fabricación de ladrillos ecológicos con desechos plásticos del Río Motagua?

- Preguntas auxiliares
  - ¿Qué factores pueden afectar la clasificación de materia prima para la elaboración de ladrillos ecológicos con desechos del río Motagua?
  - ¿Cuál es la relación que existe entre sostenibilidad y reciclaje para la fabricación de ladrillos ecológicos con desechos del río Motagua?
  - ¿Qué procesos de construcción ecológica existen con reutilización de desechos plásticos provenientes del río Motagua?

### **3.3. Delimitación del problema**

El mal manejo de plásticos en Guatemala se ve reflejado en la contaminación de nuestra biota en general, por tal razón el caserío Quetzalito es un ejemplo de todos los desechos acumulados los cuales no solo generan un alto índice de morbilidad en el área si no también bajos ingresos económicos ya que en esta zona se dedican a la pesca local, así mismo poder mantener una economía sustentable para las familias de este lugar.

Por tal razón el reciclaje para esta zona es una opción viable y sustentable debido a que está al alcance de los materiales que se pueden reciclar. Es por ello que la implementación de una fábrica de ladrillos ecológicos en esta zona puede ser una opción rentable.

El cauce del río Motagua atraviesa una gran parte del país pasando recolectando desechos en cada lugar que pasa. Dada esta problemática del mal manejo de los vertederos los cuales son colocados a orillas del cauce de este río, se ha visto la necesidad de implementar nuevos proyectos y tecnologías para poder mitigar la contaminación y la acumulación donde estos desembocan, como lo es en el caserío Quetzalito del departamento de Puerto Barrios.

El reciclaje de materiales PET, en esta área sería un gran avance para poder reducir esta contaminación y aparte de generar empleo y un producto de menor costo como lo son los ladrillos ecológicos.

Por tal motivo se plantea aprovechar este material plástico tipo PET que se acumula en el río Motagua para la fabricación de ladrillos ecológicos y una vez elaborados ser utilizados en la construcción de muros y paredes de viviendas de

uso familiar y así aprovechar las cualidades y propiedades del PET cuando se utiliza como agregado en el concreto con que se fabrican los ladrillos ecológicos.

También hay que tomar en cuenta que será de gran importancia realizar un análisis financiero para verificar qué tan viable puede ser la implementación de una fábrica de estos ladrillos en el área.

Debido a que el río transporta todos estos desechos, el municipio de Quetzalito se ve afectado por dicha acumulación de materia que al final de su trayecto en su desembocadura en las costas de Omoa, Honduras, descarga al mar los desechos arrestados en su cauce, causando así inundaciones en el área y problemas con el país vecino. Estamos en una época donde se buscan soluciones viables y amigables con el medio ambiente mediante prácticas nuevas o ya implementadas.

La fabricación de ladrillos convencionales también afecta al ambiente por la manipulación de manglares donde se extrae la arcilla y el dióxido de carbono que se emite al momento de su cocción. Por tal motivo se plantea aprovechar este material plástico tipo PET que se acumula en el río Motagua para la fabricación de ladrillos ecológicos y una vez elaborados ser utilizados en la construcción de muros y paredes de viviendas de uso familiar y así aprovechar las cualidades y propiedades del PET cuando se utiliza como agregado en el concreto con que se fabrican los ladrillos ecológicos.

## 4. JUSTIFICACIÓN

La explotación en exceso y sin control de los recursos naturales ha generado un impacto negativo al medio ambiente y a la biodiversidad. Un grave ejemplo es el acumulamiento de plásticos en el río Motagua que también afectan a las costas de Honduras donde éste desemboca, afectando también el medio marino. Basado en esta problemática y con la intención de aportar ideas y soluciones a la problemática expuesta, la temática de esta investigación es sobre el uso del plástico reciclado tipo (PET) en la elaboración de ladrillos ecológicos para ser usados en la construcción pues en Guatemala los bloques o ladrillos son el principal elemento de construcción para muros de viviendas.

La presente investigación se realiza con el ánimo de buscar una alternativa de solución a los altos niveles de contaminación que producen los residuos sólidos urbanos entre ellos grandes cantidades de plástico en forma de envases y botellas elaboradas con PET que llegan a desembocar en río Motagua, los cuales generan varios tipos de contaminantes como son el CO<sub>2</sub> al ser incinerados y que dicho plástico al degradarse se divide en millones de microfibras que son consumidos y absorbidos por plantas y animales entrando a formar parte de tejidos vivos en la cadena alimenticia, siendo que dichos residuos desprenden químicos tóxicos al descomponerse afectando los ecosistemas. Los plásticos tardan cientos y hasta miles de años en descomponerse.

El aporte de esta investigación es significativo ya que abre la posibilidad de la utilización de grandes volúmenes de plástico reciclado tipo PET y su transformación como materia prima en la elaboración de bloques o ladrillos ecológicos para la construcción de muros de viviendas y su utilización ayuda al



ahorro energético y económico en la disposición final del plástico reciclado tipo PET integrado a materiales de construcción.

Los beneficios de la realización de estos ladrillos ecológicos son ampliamente positivos debido a que se espera obtener una manera viable en la reducción de estos desechos plásticos en el caserío de Quetzalito, aportando también productos de construcción sostenibles y de bajo costo.

Esta investigación es de carácter pertinente, ya que el río Motagua, es el río que más basura genera al día en el país y una de los que menos aprovechan los residuos que votan. Esto en gran medida porque no cuenta con un esquema de separación de residuos claro y eficiente, ni la ciudadanía ha creado una cultura de reciclaje. De esta manera podemos mitigar y crear fuentes de trabajo para la población del caserío Quetzalito implementando tecnologías para el tratamiento y gestión de residuos plásticos (PET).

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Implementar tecnologías de fácil manejo en el reciclaje y reutilización de plásticos tipo PET como materia prima para la fabricación de ladrillos ecológicos elaborados con desechos del Río Motagua en el caserío Quetzalito en Puerto Barrios, departamento de Izabal.

### **5.2. Específicos**

- Establecer el proceso de sanitización de materia prima, plásticos tipo PET para la elaboración de ladrillos ecológicos con desechos de ese material provenientes del río Motagua en el caserío Quetzalito en Puerto Barrios, departamento de Izabal.
- Determinar la relación que tiene el reciclaje de desechos plásticos tipo PET proveniente del río Motagua en el caserío Quetzalito en Puerto Barrios, departamento de Izabal con la sostenibilidad para la fabricación de ladrillos.
- Definir procesos de construcción ecológica sostenible mediante la reutilización de desechos plásticos provenientes del río Motagua en el caserío Quetzalito en Puerto Barrios, departamento de Izabal.
- Realizar un estudio de mercado para ver la factibilidad de la instalación de una fábrica artesanal de ladrillos ecológicos y su posterior

comercialización a precios accesibles a los pobladores del caserío Quetzalito en Puerto Barrios, departamento de Izabal.

## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

El objetivo del presente trabajo de investigación es diseñar un proceso de producción de ladrillos ecológicos aplicando una tecnología de fácil manejo basada en la utilización de plástico reciclado tipo PET con distintos porcentajes que van del 10 % hasta el 55 %, como agregado a utilizar en la fabricación de un prototipo de ladrillo ecológico. Dicho ladrillo se va a elaborar con las proporciones óptimas de material como cemento, arena más el porcentaje de PET adecuado para cada prototipo, procurando cumplir con los requerimientos de las normas técnicas usadas en Guatemala como dimensionamiento, absorción, alabeo y resistencia a la compresión.

Se determinó también que la ubicación óptima de la hipotética planta productora de ladrillos ecológicos estaría localizada en el caserío Quetzalito en Puerto Barrios, departamento de Izabal. El PET que se va a reciclar para formar parte del porcentaje adecuado para la mezcla de concreto con que se fabricarán los ladrillos ecológicos serán extraídos del río Motagua, en las adyacencias del caserío Quetzalito. La instalación de una planta donde se produzcan ladrillos ecológicos genera beneficios puesto que al extraer del río las botellas de PET que caen allí como desecho se está contribuyendo a sanear y mejorar la calidad de las aguas del mencionado río.

También se estaría recuperando un recurso como el plástico que, al procesarlo, volverlo hojuelas y mezclarlo con otros elementos formaría parte de la mezcla utilizada para la fabricación de ladrillos ecológicos. Tanto la recolección del PET del lecho del río como la fabricación de los ladrillos ecológicos y la venta

de los mismos generaría una cadena de empleos que ayudaría a mejorar la condición socioeconómica de la zona.

Es por eso que es muy conveniente elaborar un estudio de mercado donde se tome en cuenta el costo de construir una fábrica artesanal de ladrillos ecológicos utilizando 10 % de PET reciclado, así como el precio de venta de dichos ladrillos a los pobladores del lugar si es posible a precios menores de lo que cuesta un ladrillo normal pero que a la vez logrando un porcentaje de ganancias para que el negocio sea sostenible y se pueda expandir en el tiempo y hacia otras áreas.

Se investigó además que los pobladores de bajos recursos muestran interés en materiales de construcción que sean amigables con el ambiente como el descrito en este trabajo de investigación, mejorando así su calidad de vida, pues una fábrica de ladrillos ecológicos usando PET como parte de los componentes de la mezcla de los ladrillos genera menos emisiones de CO<sub>2</sub> pues no se necesitan hornos y además se estaría recuperando un material como el PET que de lo contrario llegaría al mar o a los vertederos donde tardaría cientos de años en degradarse. Lo anteriormente expuesto se puede resumir en el siguiente esquema:

- Estudio de mercado donde se establecería la viabilidad financiera del proyecto de construcción de ladrillos ecológicos en el caserío Quetzalito.
- Instalación de la planta o fábrica artesanal donde se producirán los ladrillos ecológicos con 10 % de PET reciclado.

- Utilizar métodos de recolección de las botellas de PET del río Motagua que ayuden a sanear sus aguas y así obtener la materia prima deseada, así mismo fuentes de trabajo para los pobladores de dicho caserío.
- Implementar los diferentes controles de calidad para determinar las cualidades del producto final (ladrillos ecológicos).
- Disminución del consumo de energía al producir los ladrillos pues no hace falta la utilización de hornos.
- Obtención de un producto confiable, económico y duradero que beneficiara primero a los pobladores de la zona (caserío Quetzalito) y luego a pobladores foráneos al proveerlos de materiales de construcción (ladrillos ecológicos) de buena calidad y a precios accesibles.



## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Fundamentos científicos**

Las sociedades modernas todos los días enfrentan el reto de reinventarse de acuerdo a las necesidades que se presenten. A partir de 1950 Después de la segunda guerra mundial se incrementó progresivamente el consumo de plástico gracias a la gran versatilidad de ese material, así como a la expansión de la industria petroquímica. La implementación y el consumo masivo del plástico aprovechando sus propiedades de larga durabilidad y resistencia, así como con el uso a gran escala del plástico desechable o de un solo uso con el tiempo originó otro problema el cual fue el hecho de que no es fácil de degradar y que poco a poco empezó a colapsar los lugares de disposición final como vertederos o rellenos sanitarios.

Muchos de los desechos plásticos que no tienen una disposición final adecuada van a parar al mar por medio de los sistemas de cañerías de las ciudades y por muchos ríos que arrastran esos desperdicios desde los centros urbanos. Gran parte del plástico desechado que actualmente está generando grandes pasivos ambientales es el PET, muy utilizado en la fabricación de botellas desechables. De ahí que cualquier forma de reutilizar este tipo de plástico y darle un uso sustentable como su utilización en la fabricación de bloques de construcción para viviendas es de mucha importancia pues además de evitar que el PET contamine los diferentes tipos de hábitat y ecosistemas del planeta se estarían aprovechando las cualidades del PET.



Un detalle muy importante para el aprovechamiento del PET es la instauración de una cultura de reciclaje que incluya la separación de las botellas en el origen es decir que una vez que sean usadas sean clasificadas y dispuestas en un sitio donde sea más fácil su recolección para así disponer de ellas y posteriormente ser utilizadas para los diversos usos que van desde su reprocesamiento como materia prima para producir más artículos de plásticos hasta la inclusión del PET reciclado y molido como uno de los componentes de bloques ecológicos para la construcción de viviendas y cualquier otro cualquier tipo de estructura de interés social más plástico que peces.

Cada año, entre 5 y 13 millones de toneladas de plástico acaban en los océanos del mundo. Según estimaciones recientes, esta cifra está aumentando y se espera que, para 2050, la cantidad de plástico en los mares supere a la cantidad de peces. El plástico que ingresa en los océanos puede tardar siglos en descomponerse por completo: una botella de plástico común, por ejemplo, demora 450 años (BBC Mundo Ciencia, 2017).

Desde el año 1950 se empezó a incrementar notablemente la cantidad de producción de plástico debido a los avances de la industria petroquímica y a las grandes inversiones que a nivel mundial se hicieron en esa rama de la industria. Los productos fabricados con plástico llegaron a ser una novedad por ser duraderos y económicos lo que permitió una accesibilidad a los mismos de una clase media cada día más creciente en los países desarrollados, así como en el resto del mundo. La producción de productos de un solo uso con plástico creció exponencialmente debido al costo económico de este material y poco a poco se convirtió en un bien imprescindible para el público en general.

Con el pasar de los años y debido a que poco a poco esas grandes cantidades de plástico se fueron acumulando en los vertederos urbanos surgió

una problemática que hoy en día tiene dimensiones globales. ¿Qué hacer con el plástico desechado? Una de las características más importantes del plástico es su durabilidad. Tarda años en degradarse y el hecho de que se utilice en infinidad de aplicaciones y productos que van desde grandes artículos, hasta envases y envoltorios de alimentos, que incluyen botellas plásticas, ropa sintética lo han convertido en gran dolor de cabeza para la disposición final de los desechos de los productos fabricados con ese material con plástico.

Hoy en día es tal la cantidad de plástico desechado que está causando problemas graves al ambiente, pues muchos ríos están colmados de este material y descargan en los mares millones de toneladas que van a afectar a la flora y fauna marina. Ya en grandes extensiones en los mares hay remolinos de plásticos que cubren miles y hasta millones de kilómetros creando zonas muertas de gran impacto contaminante hacia el medio marino.

Llegando los expertos a pronosticar que de seguir el vertido de plásticos en los mares para el año 2050 el peso del plástico desechado en los mares superará el peso combinado el de toda la biomasa de peces junta en todos los mares del planeta y lo más peligroso es que actualmente el plástico está empezando a formar parte de la cadena alimenticia ya que empieza a formar parte de los tejidos de los seres vivos que lo consumen al confundirlo con alimento.

## **7.2. Ladrillos ecológicos**

Los eco ladrillos o ladrillos ecológicos son una opción que cada día crece más pues están siendo productos alternativos dentro de las obras de construcción civil, que provienen de la mezcla homogénea de materiales tradicionales como arena, tierra inerte, cemento, agua y otros proveniente de materias prima como el PET. Este es elaborado con una prensa hidráulica la cual

puede ser manual o mecánica, este proceso conlleva ciertos pasos de prensado a mayor esfuerzo y a una humedad óptima, para lograr buenas propiedades mecánicas. En la construcción de ladrillos convencionales se emplean grandes cantidades de energía y materiales de extracción causando un impacto ambiental significativo.

Se llaman ladrillos ecológicos porque en su proceso de fabricación no se usan grandes hornos ni se consumen combustibles fósiles emanadores de gases de invernadero pues son fabricados en frío. Los ladrillos ecológicos no perjudican al medio ambiente por su simple y adecuado proceso de fabricación, el cual es el de eliminar la cocción del ladrillo. Entre este tipo de ladrillo tenemos el compuesto por suelo y cemento que es una cantidad de suelo, una pequeña parte de cemento y agua, homogeneizado, compactado y curado. Los ladrillos ecológicos deben poseer las mismas características de resistencia que los ladrillos convencionales por tanto su uso no causa pérdida de calidad en las construcciones.

Los ladrillos ecológicos buscan revertir la tendencia de degradar el ambiente como lo hacen los ladrillos tradicionales, por tal motivo se podrían definir como aquellos que en su fabricación no implica un impacto ambiental tan importante como el de los ladrillos convencionales, pues en su elaboración se utilizan materiales sostenibles, así como procesos de fabricación que procuran el ahorro y optimización de la energía. Actualmente el uso de ladrillos ecológicos se ha diversificado en su uso para edificar construcciones de carácter social como viviendas accesibles a toda la población de bajos recursos siendo este tipo de material de construcción usado de una manera más cotidiana en todo el mundo y cada vez cuenta con más aceptación.

### **7.3. Tipos de ladrillos ecológicos**

Los ladrillos ecológicos pueden ser de varios tipos, caracterizando los mismos por el uso de materiales sostenibles o propiciando una mejor utilización de la energía en su proceso de fabricación. Hay varios tipos de ladrillos ecológicos y el nivel de sostenibilidad entre ellos también es variado pues se podría decir que dependerá de qué tipo de materiales los conforman, así como los recursos energéticos necesarios para su elaboración. Los ladrillos ecológicos también deben cumplir con características que van desde su resistencia y durabilidad, así como sus propiedades aislantes del frío, el calor y la humedad. Una característica actualmente muy importante de los ladrillos ecológicos es su peso pues mientras más ligeros sean menor será el tiempo de construcción y el esfuerzo de los trabajadores que los utilizan en las diferentes obras.

Entre la clasificación más común de ladrillos ecológicos tenemos los siguientes:

#### **7.3.1. Ladrillos de cenizas de carbón**

Ecoticias (2009) menciona que se ha desarrollado un método para producir ladrillos más ecológicos logrando importantes reducciones del consumo energético y el impacto medioambiental. Para ello utilizan la ceniza generada en centrales termoeléctricas de carbón que es un residuo con un elevado impacto medioambiental una vez es liberado en el ambiente y un alto coste asociado a su eliminación y disposición final. En este contexto se puede señalar que:

El método de cocción desarrollado en la construcción de este tipo de ladrillo es mucho menor que los ladrillos tradicionales pues permite transformar dichas cenizas en ladrillos con tan solo 10 horas de cocción a una temperatura máxima

de 212 grados, frente a las 24 horas y 2.000 grados que precisan las materias primas que se emplean habitualmente para elabora este material de construcción (Ecoticias, 2009).

Desde esta perspectiva es válido señalar que cada año va creciendo el prototipo de este tipo de ladrillo, en los dos últimos años se han producido más de 45 millones de toneladas debido a que su material es más liviano y ecológico y por tanto cuidan el medio ambiente

Figura 1. **Ladrillo de carbón**



Fuente: Jiménez (2013). *Schilare*.

### **7.3.2. Ladrillo negro**

Esta nueva modalidad de ladrillo es muy oportuna porque es muy fácil de fabricar, es económico y se endurece naturalmente sin necesidad de otros agentes externos. En este contexto se puede afirmar que el ladrillo negro es un candidato muy favorable para cualquier tipo de construcción por lo que algunos investigadores consideran que:

El ladrillo negro es un innovador material de construcción que aprovecha los desperdicios reciclables del papel pues es elaborado a base de celulosa proveniente de restos de papel y cartón reciclado, hidróxido de sodio, extracto de lima, y una pequeña cantidad de arcilla (Arqhys, 2020).

En este sentido la figura que se ve a continuación deja en evidencia la elegancia que da los ladrillos negros, pues no solo aporta belleza al hogar o sitio donde se coloca, sino que cuida el ambiente y recicla el material ofreciendo alternativas que protege la salud integral del planeta.

Figura 2. **Pared de ladrillo oscuro**



Fuente: REEIPG (2015). *Foto de pared de ladrillo.*

### **7.3.3. Ladrillo de plástico**

Los envases de plástico es uno de los materiales más utilizados en la industria petroquímica porque son prácticos, baratos y cómodos para comercializar los productos además que el plástico no es tan frágil como el vidrio lo que garantiza durabilidad en los productos envasados al vacío. En este sentido,

su cada vez más creciente uso, se ha convertido en un problema de carácter ambiental por lo que la idea de ir fabricando ladrillos en este material cada vez es más utilizada.

El bloque de plástico reciclado se presenta como una propuesta bastante aceptable pues se puede utilizar como material en la construcción de paredes perimetrales y divisorias, por las propiedades físicas y mecánicas que presenta el polietileno, lo que lo vuelve un material resistente, duradero y ecológico (Pineda y Ramírez, 2019).

De este modo, el ladrillo de plástico se convierte también en una alternativa de reciclaje, desde esta perspectiva en Nueva Escocia, Canadá, se ha ido desarrollando un proyecto ecológico que puede paliar el problema del cambio climático y ayudar a reciclar gran cantidad de botellas. De este modo al igual que en los casos antes expuesto ayuda a minimizar los problemas de los cambios climáticos

#### **7.3.4. Ladrillo de cáñamo y paja**

Este tipo de ladrillo es de origen ancestral, hechos con materiales muy comunes como cal hidráulica natural, una mezcla de minerales, y tierra y aunque parezcan materiales frágiles, los ladrillos hechos de cáñamo y paja son tan duros como los de arcilla roja. Debido a las cualidades aislantes de sus componentes son de recomendado uso en regiones donde los niveles de insolación y altas temperaturas son altos.

En este orden de ideas hay que señalar que la fibra de cáñamo es muy versátil y se la puede utilizar para muchos usos. Los ladrillos de cáñamo aparecen

como una alternativa a los ladrillos tradicionales de arcilla que se utilizan para las construcciones (Renovables verdes, s.f.).

Figura 3. **Ladrillos ecológicos de cáñamo y paja**



Fuente: Renovables verde (2019). *Ladrillos ecológicos de cáñamo*.

### 7.3.5. **Ladrillo de tierra**

Los bloques de tierra han sido muy populares ya que se obtienen de manera natural se construyen a base de cal, cemento, y agua, en proporciones equitativas en este contexto se puede señalar que esta tecnología es muy amigable con el ecosistema ya que permite cuidar el medio ambiente, y construir paredes de buena calidad.

Los bloques de tierra comprimida son bloques fabricados a base de una mezcla de tierra, arena y arcilla, pudiendo contener también otros ingredientes como cal aérea o hidráulica como estabilizante. Son bastante económicos y tras preparar la mezcla adecuada se moldea y comprime en una prensa mecánica. No hacen falta herramientas muy sofisticadas y generalmente se utiliza en sustitución del ladrillo convencional para la construcción de muros de carga, de



cerramiento o muros acumuladores de calor (Mompó, 2015).

Figura 4. **Ladrillo de tierra**



Fuente: Arquitectura Digital (2013). *Ladrillo de tierra*.

### **7.3.6. Los ladrillos con plástico PET**

La diferencia de éste con relación a los bloques de botellas es que el PET es un material que se construyó en base a plásticos de donde se resguarda bebidas, de este modo este material duradero que dura más de 500 años en degradarse, en este contexto los avances de la construcción ecología con este material ha ido en avanzada y ha profundizado de acuerdo a las nuevas tecnologías.

El PET es liviano, prácticamente irrompible y 100 % reciclable procedente de envases descartables de bebidas, ligadas con cemento Portland y aditivos, que se moldea con una máquina hidráulica ya sea manual o mecánica. Es un tipo

de ladrillo más ecológico que otros ya existentes porque su materia prima principal está integrada por fibras o gránulos de plásticos reciclados (CEVE, 2021).

En comparación la producción del ladrillo macizo de tierra cocida es más dañino al ambiente que los ladrillos de PET, pues los ladrillos de tierra cocida se fabrican a partir de la extracción de la capa de tierra superficial fértil (humus), y su posterior cocción en grandes hornos a cielo abierto, produce desertificación del suelo, causando contaminación atmosférica por las emisiones generadas y tala de árboles necesaria para obtener la leña utilizada en el funcionamiento del horno. Desde el punto de vista técnico y práctico el ladrillo de PET se destaca también en lo que respecta a liviandad y aislamiento térmico (CEVE, 2021).

Figura 5. **Ladrillo PET construido a base de botellas de agua**



Fuente: Gaggino (2020). *Ladrillos PET, avances en la construcción ecológica.*

#### **7.4. Composición de los ladrillos ecológicos**

Para que un ladrillo sea considerado ecológico los materiales que los conforman no deben degradar el ambiente en su proceso de elaboración pues el

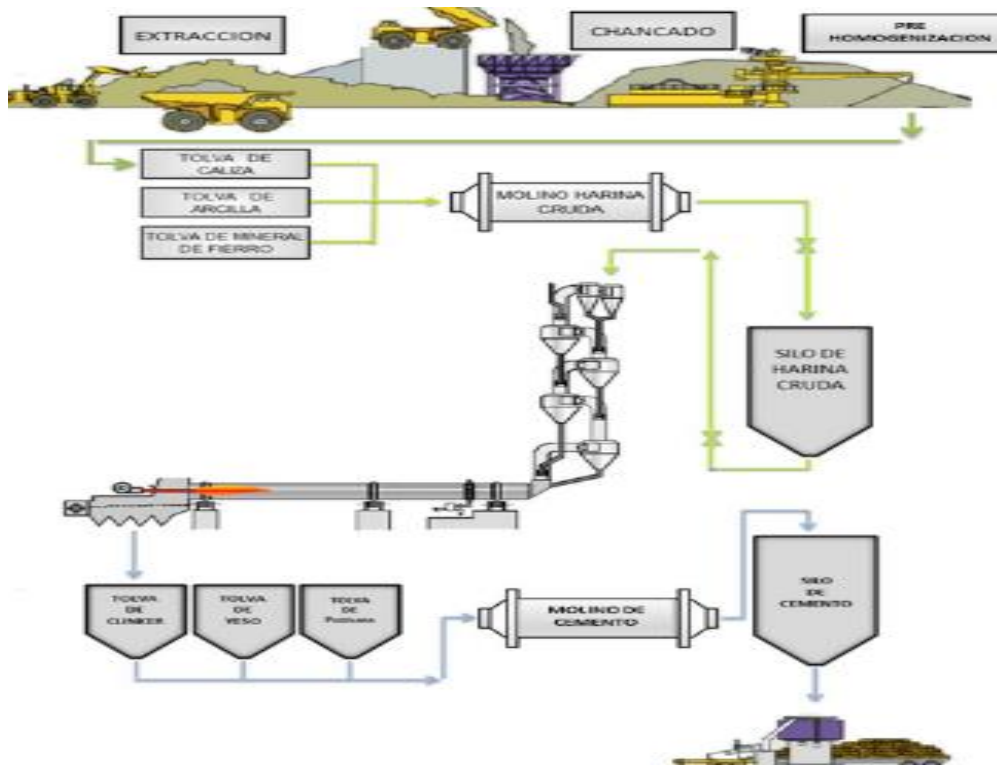
mismo debe ser amigable con el medio ambiente evitando tener un efecto degradado hacia el entorno. Entre los materiales más usados en la elaboración de bloques ecológicos están los siguientes:

#### **7.4.1. Cemento**

El cemento es un material en forma de polvo fino fabricado a partir de a partir de la calcinación a temperaturas de 1450 grados centígrados de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El cemento es el material de construcción más usado en todo el mundo por sus propiedades de resistencia y durabilidad.

El cemento es un material que funciona como un acople entre los materiales ya que une piezas de otros materiales al secar o se crea a través de él pisos y formas que son esenciales, en este orden de ideas para que el cemento funcione se debe mezclar con agua, desde esta perspectiva sus cualidades adhesivas son esenciales para el desarrollo de la construcción arquitectónica, ya que el cemento es fundamental para el acabado de las piezas. De este modo en la siguiente figura, se señala cómo se forma el cemento.

Figura 6. Procesos de fabricación de cemento



Fuente: Eder (2014). *Investigación del efecto del óxido de silicio en la determinación del porcentaje de agregado en los cementos puzolánicos utilizando el método de difracción de rayos x.*

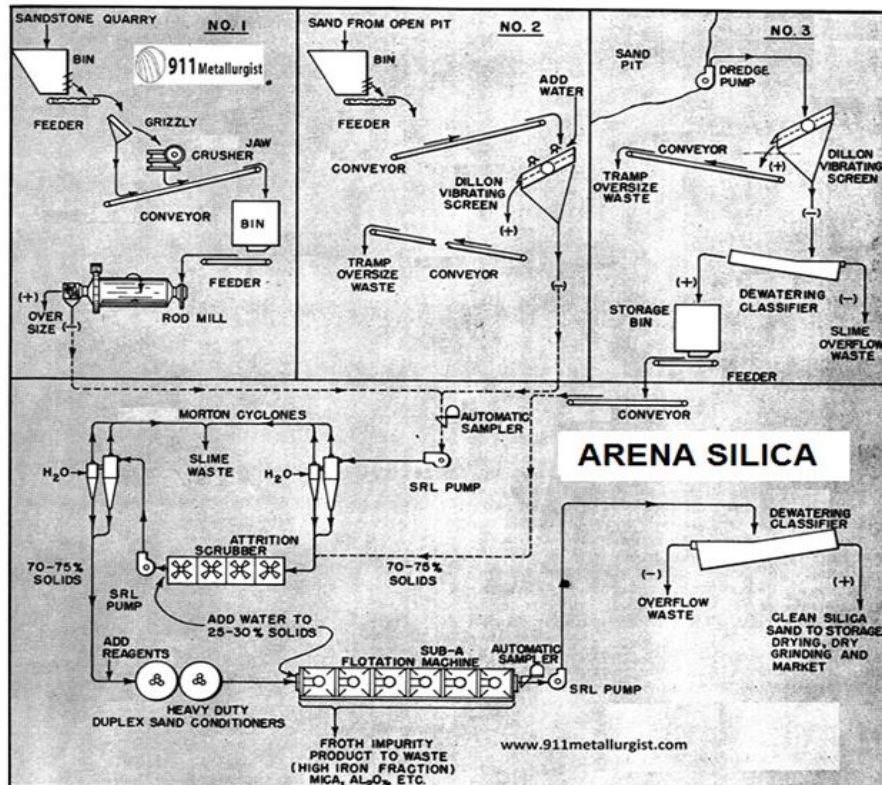
#### 7.4.2. Arena

La arena de construcción por lo general está compuesta de dióxido de silicio, también conocido como sílice siendo sus usos de muy vieja data. La arena es el segundo recurso natural más usado por la humanidad siendo solo superada por el agua.

La arena es muy utilizada en la construcción es utilizada para la elaboración del vidrio, cerámica y alfarería entre otros materiales que son importantes. De

este modo la arena se extrae de minas para luego llevarlas a depósitos secos donde se envasa y comienza el proceso de distribución del material en los mercados.

Figura 7. Proceso de extracción de la arena



Fuente: Metallurgist (2017). *Procesamiento de arena silica*.

### 7.4.3. Plástico

El plástico es el grupo de materiales sintéticos obtenidos del petróleo y otros elementos mediante reacciones de polímeros siendo sus más importantes propiedades el que se puede moldear, así como su alta resistencia a efectos de

los elementos. La estructura química de los plásticos y el comportamiento ante la temperatura los clasifica en tres tipos:

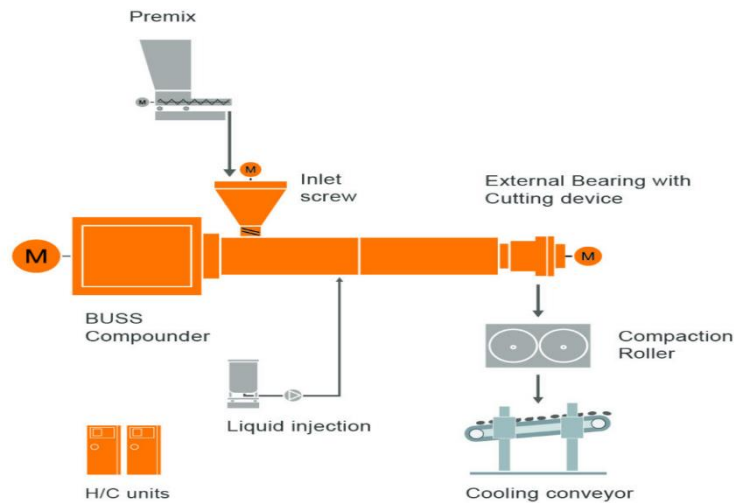
- Termoplásticos

Es un plástico que a altas temperaturas puede derretirse y moldearse a voluntad, posibilitando la manera de darle diversas formas y crear artículos y productos de variado uso como es el caso de los envases hechos con este material. Se derrite cuando se calienta Tienen una estructura de cadena abierta molecular. También se emplean para fabricar fibras textiles, acoplamientos, contenedores de basura y de transporte, alfombras, cuerdas, envases y muebles.

- Termoestables

Los plásticos termoestables toman una forma permanente después de haber sido moldeados a altas temperaturas. No se pueden volver a fundir porque se quemarán y se volverían ceniza tóxica convirtiéndose así en un termoplástico no reciclable. Dentro de la clasificación que tiene se ubican en la categoría según su comportamiento: en este contexto para su preparación como se verá en la figura se presenta el proceso industrial del plástico termoestable para que, una vez terminado en forma de plato doméstico, perilla de carro, grifón de concina pueda ser útil.

Figura 8. **Desarrollo de los procesos termoestables**



Fuente: Buss excellen in compounding (2015). *Termoestables fabricación industrial*.

- **Elastómeros**

Un elastómero es un polímero que tiene fuerzas intermoleculares extremadamente bajas. La mayoría de los elastómeros son termoestables y requieren un curado por calor para que se endurezcan. Los elastómeros se hallan conformados por extensas cadenas de monómeros, lo que explica el comportamiento elástico que éstos tienen. Como ejemplo de materiales elastómeros tenemos la silicona, el neopreno, la goma natural, el caucho sintético y el poliuretano utilizados comúnmente en la fabricación de artículos de cotidiano que cuando son desechados y no son reciclados generan problemas de disposición final en los vertederos de basura que tienden a colapsar.

## **7.5. Procesos**

Los procesos son un conjunto de actividades relacionadas entre sí que se realizan de una forma encadenada o de una manera seguida, una inmediatamente de la otra que interactúan, transformando elementos de entrada en elementos de salida. También se podría decir que un proceso es una secuencia o seguidilla de acciones o tareas que se realizan de una forma encadenada o de una manera seguida, una inmediatamente de la otra para alcanzar un fin u objetivo concreto. Este concepto se puede aplicar en muchos ámbitos, a nivel de empresas, en la química, la biología y hasta en la informática. Los procesos no solo son producto de la acción humana pues en la naturaleza se dan también numerosos procesos entre ellos el ciclo del agua.

El proceso de fabricación de los bloques o ladrillos ecológicos inicia con la selección y clasificación de las diferentes materias primas. Incluye la limpieza, corte y pulverización de los materiales que lo requieran. Posteriormente agregar las cantidades de agua requeridas, en el desarrollo del proceso de mezclado se obtiene una masa con materiales aglutinantes como cemento, arena y PET molido. Se realiza el vaciado en los moldes; como fase final se realiza la compresión mecánica o manual para obtener los bloques.

Las características de las materias primas utilizadas en la construcción de bloques o ladrillos ecológicos permiten obtener mejores condiciones de resistencia, durabilidad, disminución de peso favoreciendo las condiciones estructurales de lo que se construya, añadiendo propiedades térmicas y aislante acústico disminuyendo costos.

Los procesos de construcción de bloques ecológicos utilizando para su fabricación porcentajes de PET junto con arena y cemento son de una naturaleza



innovadora pues permiten aplicar y utilizar en la construcción y en la arquitectura productos o materiales amigables al ambiente, haciendo posibles casas semi ecológicas ajustadas al poder adquisitivo de los diferentes sectores o estratos de la sociedad y adaptándose a la normativa vigente en cada país donde se elaboran bloques ecológicos.

La construcción de bloques ecológicos con materiales sustentables combinando técnicas constructivas antiguas y modernas favorece y permite ahorrar recursos y minimizar un poco la extracción de materiales de la corteza terrestre que tanta degradación ocasionan.

Estos procesos de construcción de bloques ecológicos utilizando y mezclando cierta cantidad de PET con materiales tradicionales como arena y cemento son muy oportunos pues demuestran un giro muy importante hacia un cambio de paradigma dando un valor bastante importante a la conservación y protección del hábitat donde el hombre es un componente más de ese medio, pero a la vez tiene la capacidad para ejercer en él cambios significativo que afectan al resto de los seres vivientes que comparten el planeta y muchos de ellos aparecieron mucho antes que la humanidad.

## **7.6. Procesos productivos**

Los procesos productivos son la serie de operaciones y procedimientos que se realizan en una organización u empresa para la elaboración de algún bien o servicio. En los procesos productivos las empresas aplican diversas tecnologías dependiendo de qué tipo de productos fabriquen.

Los procesos productivos puestos en prácticas por las empresas permiten cubrir la demanda de productos producidos por dichas empresas de una manera

más rápida y eficiente. En el caso de los procesos productivos aplicados a la producción de bloques o ladrillos ecológicos los mismos pueden variar desde los que desarrollan técnicas artesanales hasta los que incluyen el uso de tecnologías avanzadas. De allí que se señale que

Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios. En este proceso intervienen la información y la tecnología, que interactúan con personas. Su objetivo último es la satisfacción de la demanda (EAU Business School, 2021).

El tamaño de las empresas y la cantidad de bienes que produzca define qué tipo de procesos productivos van desarrollarse en ellas pues en empresas pequeñas y que no requieran de tecnologías muy complicadas la actividad la pueden desarrollar por pocas personas de una manera manual y sencilla como es el caso de una empresa que fabrique bloques o ladrillos utilizando como uno de sus componentes el PET pues el uso de ese componente no requiere de mucha logística ni aparataje para su procesamiento y acondicionamiento. Los otros componentes como el cemento, la arena y el agua son de fácil obtención y no es necesaria la utilización de grandes cantidades de energía pues dichos productos son elaborados en frío.

Es importante señalar que los procesos de producción tanto en empresas pequeñas como en empresas grandes siempre deben llenar y cumplir con los estándares de calidad necesario para que los productos que se elaboren cumplan las expectativas y necesidades de los clientes y en el caso de la producción de ladrillos ecológicos utilizando un porcentaje de PET en sus componentes este tipo de actividad debe ser sostenible y de bajo impacto ambiental para que así su denominación de producto ecológico sea certificable .

## **7.7. Procesos de fabricación**

Los procesos de fabricación difieren de los procesos de producción y no deben confundirse. La fabricación se compone de una serie de acciones, que se agrupan para la obtención de objetivos trazados donde se cuenta con la presencia de personas que coordinan equipos de trabajo denominados líderes. Una vez que se suministran las materias primas, estas atraviesan por diversos procesos de fabricación que van a ser los diferentes pasos y operaciones que se realizan por separado y que se ejecutan para transformar las materias primas en productos ya elaborados para su posterior comercialización.

En dichos procesos de fabricación intervienen maquinarias y equipamientos en algunos casos bastante complejos, así como personal con distintos niveles de capacitación y destrezas. Los procesos de fabricación pueden ser clasificados de cuatro maneras diferentes pues no todas las empresas tienen la misma manera de fabricar lo que producen o siguen el mismo protocolo para manejar los plazos de entrega de productos, así como el número de trabajadores involucrados en la fabricación de algún bien. Actualmente en la era de la robótica muchos procesos de fabricación son automatizados liberando a los humanos de actividades repetitivas y monótonas.

El proceso de fabricación tiene cuatro modelos empezando por la fabricación en lotes donde las empresas se caracterizan por tener o dividirse en varias fábricas o plantas donde en cada una se va a desarrollar una actividad de fabricación específica. Este tipo de modelo permite la elaboración de grandes cantidades de productos y es propio de las grandes corporaciones. Otro modelo es la fabricación continua que se caracteriza por que toda la producción tiene lugar en un mismo sitio y las diferentes fases de la fabricación están

estrechamente relacionadas produciéndose las mismas de una manera secuencial o consecutiva.

También existe la fabricación en cadena que es bastante intensa y donde el artículo va pasando por una serie de estaciones o puntos previstos hasta llegar a su total materialización. Por último, está la fabricación por tipo de proyecto que requiere de una planificación profunda y donde hay que establecer previamente costos y plazos de ejecución. Es el modelo más complejo y agrupa procesos de fabricación de corto, mediano y largo plazo.

#### **7.8. Procesos de compresión**

El proceso de compresión es un tipo de moldeo conformado por piezas en el que los materiales utilizados son generalmente polímeros que son introducidos en un molde a la que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma deseada dentro del molde. En el caso de la fabricación de bloques ecológicos utilizando PET, este se mezcla con los otros componentes del bloque o ladrillo y se le ejerce una fuerza de presión para que este adquiera su forma definitiva de bloque de construcción. La compresión que se le aplica a cada bloque de construcción va a definir la resistencia del mismo y de esa resistencia depende también el uso que se le vaya a dar.

#### **7.9. Procesos de curado**

EL proceso de curado consiste en pasar el bloque por agua o sumergirlo en piletas o piletones con agua para que el material se humecta y gane consistencia, luego se saca a la superficie controlando la humedad y temperatura para que los bloques adquieran las condiciones y propiedades deseadas.

En la construcción de algunos bloques o ladrillos ecológicos el curado requiere un cierto tiempo, siete días en condiciones normales y 15 días en condiciones extremas y generalmente se debe dejar hasta que el agua seque completamente pues si se realiza un curado con mucha premura se corre el riesgo de que la resistencia deseada no se consiga lo cual afectaría los resultados de las pruebas de compresión que se harán posteriormente dando origen a un producto de baja calidad. El tipo de curado que se ejecute en la fabricación de ladrillos ecológicos va a influir notoriamente en la resistencia a la compresión de los mismos.

#### **7.10. PET (polietileno tereftalato)**

El PET (*Polyethylene Terephthalate*), es un polímero plástico que se elabora a partir de un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Este es un tipo de material plástico que tiene una muy buena resistencia química.

El PET es el plástico típico y más usado en envases de alimentos y bebidas, debido a sus extensas características donde se destacan: su ligereza, resistencia y la capacidad de ser reciclable. El PET se caracteriza por su gran ligereza y resistencia mecánica a los procesos de compresión, alto grado de transparencia y brillo, conserva invariable el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, posibilidad de producir envases reutilizables.

#### **7.11. Normativa**

La normativa aplicada a la construcción de los ecoladrillos va dirigida a que tengan y cumplan estándares de calidad similares e inclusive superiores a los ladrillos tradicionales de cemento o arcilla. A estos ladrillos se le deben de hacer los diferentes ensayos y pruebas para comprobar sus niveles de resistencia, su

capacidad de deformación, sus propiedades mecánicas entre otros. Los ecoladrillos además de una buena apariencia deben responder a criterios ecológicos que hagan sostenibles su fabricación y utilización. Los ladrillos ecológicos en su proceso de fabricación requieren un bajo nivel de energía eliminando la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera al ser ladrillos que no requieren de cocción.

Los ladrillos ecológicos deben adaptarse a la normativa de cada país y someterse a ensayos térmicos y acústicos para determinar el nivel de aislamiento a temperaturas extremas. Esto permitirá una caracterización más completa de este producto. Es muy probable que en algunos casos los ecoladrillos superen a los ladrillos tradicionales en su calidad. La creación de los ladrillos ecológicos de calidad y económicamente viables sin duda es una excelente opción de construcción sostenible, no sólo a nivel regional sino a nivel mundial pues se elabora un producto que cuenta con una calidad igual o superior al tradicional con la salvedad de que su impacto ambiental es menor de degradación.

#### **7.12. Propiedades a la resistencia mecánica**

Las propiedades mecánicas de un ladrillo ecológico o tradicional le permiten al ladrillo soportar la compresión y la misma se usa como control de calidad en los laboratorios donde se lleva al límite la capacidad de los bloques o ladrillos ecológicos hasta lograr establecer sus límites de resistencia. La propiedad de resistencia mecánica viene dada por la capacidad de resistencia que puede tener un material de soportar o resistir fuerzas que tiende a destruirlo.

Esta resistencia mecánica está directamente relacionada con el tipo de materiales, así como con la geometría de este. La utilización de PET en cierto porcentaje como uno de los ingredientes de algunos tipos de bloques ecológicos

permite que el producto elaborado tenga condiciones de resistencia mecánica igual o superior en algunos casos a los bloques o ladrillos normales. Estas fuerzas destructivas pueden ser de varios tipos e intensidades como compresión, tracción, flexión y torsión.

### **7.13. Resistencia a la compresión**

La prueba o ensayo de compresión consiste en aplicar una carga axial a una velocidad controlada al cilindro de concreto donde está la muestra, hasta llevarlo a la falla. Es una característica mecánica y va a definir la capacidad de soportar una carga o un peso por unidad de área donde su expresión viene dada en término de unidades de esfuerzos generalmente en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Para determinar la resistencia a la compresión el producto o bloque en este caso debe someterse a ciertas pruebas donde se llevan al máximo sus límites para determinar que la mezcla que se utilizó para elaborar un producto cumpla con los requerimientos de resistencia deseados y que deben tener ciertos valores específicos para cumplir con los requerimientos de su uso.

### **7.14. Absorción de humedad**

Hay que indicar que la humedad es un factor importante debido a la diversidad de cambios que se producen los materiales durante sus procesos químicos de allí que conforme a lo anterior se puede señalar que:

Todos los materiales poliméricos durante la síntesis, el transporte y el almacenamiento tienen una tendencia a retener la humedad, alcanzando un valor de equilibrio con el medio ambiente, que depende del tipo de polímero, de la humedad y de la temperatura del aire, del tamaño del gránulo o de la pieza. En

general la higroscopicidad de un polímero está relacionada con la polaridad de la estructura química de las macromoléculas del propio polímero.

Una característica importante del agua viene dada por la polaridad de su molécula, con momento dipolar molecular igual a 1,847 D. La molécula de agua forma un ángulo de  $104.5^\circ$  con el átomo de oxígeno en el vértice y los dos átomos de hidrógeno en ambos extremos (Mexpolímeros, 2020).

Con relación, a esto se señala que:

Los polímeros polares que contienen oxígeno, nitrógeno y azufre absorban la humedad debido al enlace de hidrógeno y es posible que debían secarse antes de la extrusión. Los polímeros polares que contienen átomos de halógeno (flúor y cloro) no absorben la humedad a través de enlaces de hidrógeno y normalmente no necesitan secarse debido a la absorción de humedad. Los polímeros no polares como las poliolefinas y el poliestireno no absorben la humedad y no requieren secado antes de la extrusión a menos que los gránulos o el polvo estén húmedos debido a la humedad de la superficie (Mexpolímeros, 2020).

Finalmente es necesario señalar, que dado que el oxígeno tiene una electronegatividad mayor, el vértice de la molécula tiene una carga eléctrica negativa ( $\delta^-$ ), mientras que los extremos llevan una carga eléctrica positiva ( $\delta^+$ ). Una molécula que exhibe este desequilibrio de cargas eléctricas se dice que es un dipolo eléctrico. En la estructura molecular de muchos polímeros higroscópicos que está presente el grupo carbonilo, que es un grupo funcional que consiste en un átomo de carbono y uno de oxígeno unido por un doble enlace.



La característica especial de este grupo es que el oxígeno es electronegativo. La humedad, tanto externa como interna, afecta negativamente la calidad estética y funcional del producto; de hecho, a las temperaturas de transformación de los materiales poliméricos, el agua puede convertirse en vapor, dando lugar a defectos (Mexpolímeros, 2020).

#### **7.15. Eco máquinas para fabricación de los ladrillos**

Según López y Guerrero (2020) la construcción de ladrillos ecológicos es un tipo de mampostería artesanal cuyo principio fundamental es el cuidado del medio ambiente, aprovechar el material de reciclaje y elaborará nuevas de tecnologías que se presentan a los nuevos métodos de construcción de fácil acceso para este elemento es sumamente imprescindible implementar maquinarias o equipos especiales que sean compatibles para el desarrollo estos métodos de construcción pocos comerciales.

Figura 9. **Máquina de trenzado para la elaboración de ladrillos ecológicos**



Fuente: López y Guerrero, (2020). *Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables.*

Figura 10. **Moldes para ladrillo prensado**



Fuente: López y Guerrero, (2020). *Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables.*



## **8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### **1. MARCO REFERENCIAL**

1.1. Estudios previos (recientes)

1.2. Antecedentes

### **2. MARCO TEÓRICO**

2.1. Fundamentos científicos

2.2. Ladrillos ecológicos

2.3. Tipos de Ladrillos ecológicos

2.3.1. Ladrillos de cenizas de carbón

2.3.2. Ladrillo negro

2.3.3. Ladrillo de plástico

2.3.4. Ladrillo de cáñamo y paja

2.3.5. Ladrillo de tierra

2.3.6. Los ladrillos con plástico PET

2.4. Composición de los ladrillos ecológicos

- 2.4.1. Cemento
- 2.4.2. Arena
- 2.4.3. Plástico
- 2.5. Procesos
- 2.6. Procesos productivos
- 2.7. Procesos de fabricación
- 2.8. Procesos de compresión
- 2.9. Procesos de curado
- 2.10. PET (polietileno tereftalato)
- 2.11. Normativa
- 2.12. Propiedades a la resistencia mecánica
- 2.13. Resistencia a la compresión
- 2.14. Resistencia a la flexión
- 2.15. Absorción de humedad

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Características del estudio
  - 3.1.1. Diseño
  - 3.1.2. Enfoque
  - 3.1.3. Alcance
  - 3.1.4. Unidad de análisis
- 3.2. Variables
- 3.3. Fases del desarrollo de la investigación
  - 3.3.1. Fase 1
  - 3.3.2. Fase 2
  - 3.3.3. Fase 3
  - 3.3.4. Fase 4
  - 3.3.5. Fase 5
  - 3.3.6. Organización de la información

- 3.3.6.1. Datos generales
    - 3.3.6.2. Datos específicos
      - 3.3.6.2.1. Precio spot
      - 3.3.6.2.2. Costo operativo
      - 3.3.6.2.3. Transacciones
      - 3.3.6.2.4. Demandas
  - 3.4. Determinación de escenarios
  - 3.5. Obtención de insumos
  - 3.6. Técnicas de análisis de información
- 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS
  - 4.1. Escenarios analizados
  - 4.2. Fabricación de los ladrillos ecológicos por medio de prensa hidráulica
  - 4.3. Costos
    - 4.3.1. Costos de maquinaria
    - 4.3.2. Costos del proceso de fabricación
  - 4.4. Discusión de resultados
- 5. ANÁLISIS DE COSTOS / ANÁLISIS FINANCIERO (si aplica)
  - 5.1. Valor actual neto
  - 5.2. Tasa interna de retorno

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS



## 9. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos generales y específicos se plantea el siguiente procedimiento el cual será de forma experimental para la realización de los prototipos:

- Captación de la materia prima: con la finalidad de obtener la materia prima (PET), se buscará establecer una red de recolección de desperdicios plásticos integrada por pobladores de la zona para recolectar plástico en las riberas y aguas del río Motagua.
- Analizar la materia prima: para evaluar el reciclaje del Polietileno-tereftalato (PET), será necesario realizar una investigación, con la finalidad de determinar con claridad si dicho material recolectado en el río Motagua está en condiciones de ser reciclado y sus componentes son los adecuados para elaborar ladrillos ecológicos
- Procesamiento la materia prima.

Proceso de elaboración del prototipo:

- En primer lugar, se debe elaborar un ladrillo y para conseguirlo, se debe establecer una dosificación adecuada de los componentes que formarán parte de la mezcla para la preparación del mortero.



La dosificación tendrá los siguientes componentes:

- El cemento como material cementante.
- El plástico PET al 10 % en sustitución del árido fino.
- El plástico pasará por un proceso previo de trituración, a través de maquinaria apropiada, la misma que producirá una granulometría acorde al proceso investigativo.
- Para la elaboración del prototipo y su dimensionamiento se tomará los parámetros establecidos en la Norma Guatemalteca de la Construcción. (COGUANOR NTG 41051 h7) específicamente con ASTM C 67 la cual especifica el método de ensayo para ladrillos y bloques de barro cocido.

Proceso de moldeado de la materia prima:

- Se requiere de una prensa adecuada para el proceso de compactación de la mezcla al momento de elaborar el ladrillo ecológico.
- La mezcla producto de la dosificación será vertida en un molde metálico.
- La mezcla será prensada en frío, con determinada carga y tiempo que serán establecidos producto de la investigación.
- El prototipo tendrá un proceso de secado que no incluye la utilización de hornos.

- Análisis: el producto final (ladrillo), será analizado en laboratorio (ensayo a la compresión) que también será analizado para certificar el cumplimiento del objetivo general.

### **9.1. Características del estudio**

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, cualitativo.

Cuantitativo ya que por un lado se determinará qué cantidad de materia prima necesaria (PET) será necesaria para la fabricación de ladrillos ecológicos y a qué precio serían vendidos para que fuera rentable tal actividad.

Cualitativo pues se describirán las características de los ladrillos ecológicos, se establecerán comparaciones con los ladrillos normales para establecer control de calidad de los mismos.

El alcance es descriptivo, correlacional, explicativo, dado que es de importancia poder mitigar la contaminación del río Motagua y poder crear una tecnología viable para la reducción de este tipo de desecho plástico. El diseño adoptado será experimental.

### **9.2. Unidades de análisis**

La población en estudio será los pobladores del caserío Quetzalito en Puerto Barrios, departamento de Izabal adyacente al río Motagua donde se acumulan grandes cantidades de desechos plásticos entre ellos de tipo PET.

### 9.3. Variables

En la tabla I se describen las variables del estudio.

Tabla I. **Sistema de variables**

<b>Variables</b>	<b>Concepto</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Método de recolección de información</b>
Ladrillos ecológicos	Construcción ecológica, construcción verde o construcción sustentable o sostenible se refiere a las estructuras o procesos de construcción que sean responsables con el ambiente y ocupan recursos de manera eficiente durante todo el tiempo de vida de una construcción. Este tipo de construcción busca evitar y, en algunos casos, deshacerse de la contaminación del medio ambiente.	Tipos de ladrillos ecológicos	Determinar qué tipo de ladrillo ecológico se va usar, ya que las variantes que existen son varias, que van desde ladrillos de cáñamo, PET, cenizas de carbón, hasta de tierra.
		Procesos	La fabricación de estos materiales constructivos lleva una serie de procesos los cuales van desde la cantidad apropiada de los ingredientes hasta la cantidad necesaria de presión la cual necesita la prensa hidráulica para poder tener un producto final garantizado.
		Elaboración	El proceso de elaboración va desde la recolección hasta el mezclado de los diferentes materiales que se van a utilizar, los cuales son cemento, arena y cierto porcentaje de PET.

Continuación tabla I.

Reciclado de plástico	El reciclado de plástico es el proceso de recuperación de desechos de plásticos.	Reutilización	Se recolectarán y clasificarán los plásticos PET de los otros plásticos que lleguen a la desembocadura del río.
	Las tres principales finalidades del plástico de reciclado son la reutilización directa, el aprovechamiento como materia prima para la fabricación de nuevos productos y su conversión como combustible o como nuevos productos químicos.		Para la evaluación de la materia prima es necesaria la aplicación de conocimientos sobre los diferentes tipos de plásticos que existen, por ello hay que tener en cuenta que los que vamos a utilizar serán de PET.
		Nuevos productos	Se elaborarán los ladrillos ecológicos con cemento arena y cierto porcentaje de plástico PET, para así poder crear un producto nuevo y sostenible.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

#### **9.4. Fases del estudio**

Se describirán a continuación cuatro fases del estudio:

Estas fases tendrán como objetivo la verificación y cumplimiento de las técnicas que se utilizarán para poder llevar a cabo nuestro trabajo de investigación, entre las actividades que realizaremos están:

Encuestas sobre tipos de reciclaje e implementación de una recicladora y fábrica de ladrillos ecológicos en el caserío Quetzalito.

Trabajo de campo, en este apartado tendremos la recolección de materiales tipo PET y clasificación para la elaboración de los prototipos.

Se realizarán ensayos destructivos a compresión para determinar la carga que soportan estos prototipos.

##### **9.4.1. Fase 1: Revisión bibliográfica**

En la primera fase se realizará una consulta de todas las bibliografías posibles relacionadas al tema, para enriquecer los conocimientos sobre reciclaje de PET y su utilización como agregado en la construcción de bloques ecológicos.

##### **9.4.2. Fase 2: Gestión o recolección de la información**

Con base en la información investigada se tendrá una mejor visualización de la metodología a utilizar para la elaboración del producto propuesto en esta investigación como lo es los ladrillos ecológicos con porcentaje de PET extraído de las riberas del río Motagua.

### 9.4.3. Fase 3: Análisis de información

En la primera fase se realizará una consulta de todas las bibliografías posibles relacionadas al tema, para enriquecer los conocimientos sobre eficiencias energéticas de turbinas hidráulicas tipo Pelton y las variables que influyen en esta.

### 9.4.5. Fase 4: Interpretación de información

En base a los datos recopilados en la información documental se logró establecer que en la elaboración de ladrillos ecológicos no se pueden utilizar grandes cantidades de PET pues para mezclas eficientes y con calidad es recomendable la utilización de 10 % al 25 % de este material en combinación con los demás componentes del concreto.

Para el plan de muestreo se establecerá la realización de 25 prototipos los cuales tendrán diferentes proporciones de agregado PET, estas proporciones irán desde el 10 % hasta el 55 %. La distribución será la siguiente:

Tabla II. **Prototipos de ladrillos ecológicos**

5 prototipos	10 %
5 prototipos	15 %
5 prototipos	30 %
5 prototipos	45 %
5 prototipos	55 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Los resultados que se esperan obtener son buena resistencia y durabilidad para los ladrillos ecológicos los cuales se determinarán bajo los ensayos destructivos que se le aplicará a cada uno de ellos.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Se deben hacer análisis comparativos de resistencia y durabilidad y otras propiedades entre ladrillos fabricados con diferentes porcentajes de PET para establecer cuál es la mezcla más conveniente o más adecuada para la fabricación de ladrillos ecológicos empleados en la construcción de paredes y muros de viviendas y que los mismos cuenten con estándares de calidad exigidos según las normas guatemaltecas.

Se utilizará la herramienta estadística de pruebas de normalidad para poder estimar un dato acertado para ver si se acepta o rechaza el resultado de compresión de los diferentes prototipos.

- Prueba de normalidad

Estos resultados indican si usted debe rechazar o no puede rechazar la hipótesis nula de que los datos provienen de una población distribuida normalmente. Puede realizar una prueba de normalidad y producir una gráfica de probabilidad normal en el mismo análisis. La prueba de normalidad y la gráfica de probabilidad suelen ser las mejores herramientas para evaluar la normalidad.

Dado que los prototipos que se ensayarán serán menos de 50 utilizaremos la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

Esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica (ECDF) de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si esta diferencia observada es adecuadamente grande, la prueba



rechazará la hipótesis nula de normalidad de la población. Si el valor p de esta prueba es menor que el nivel de significancia ( $\alpha$ ) elegido, usted puede rechazar la hipótesis nula y concluir que se trata de una población no normal.

Se realizarán 25 prototipos de ladrillos ecológicos de los cuales tendrán que cumplir con las normas ASTM propuestas para este tipo de material, esta prueba consiste en que al menos el 90 % de los prototipos puedan cumplir con la norma para que se pueda aceptar la hipótesis nula.

Así mismo se realizará la misma prueba con distintos porcentajes de material PET comenzando de 10 %, 15 %, 30 %, 45 % y 55 % ya que con estudios previos realizados por otros investigadores se ha concluido que al pasarse de este porcentaje el ladrillo ecológico no es funcional.

Al obtener los datos del estudio se procederá a realizar un análisis estadístico de la información para poder predecir algunos comportamientos. Para ello se utilizarán las siguientes herramientas:

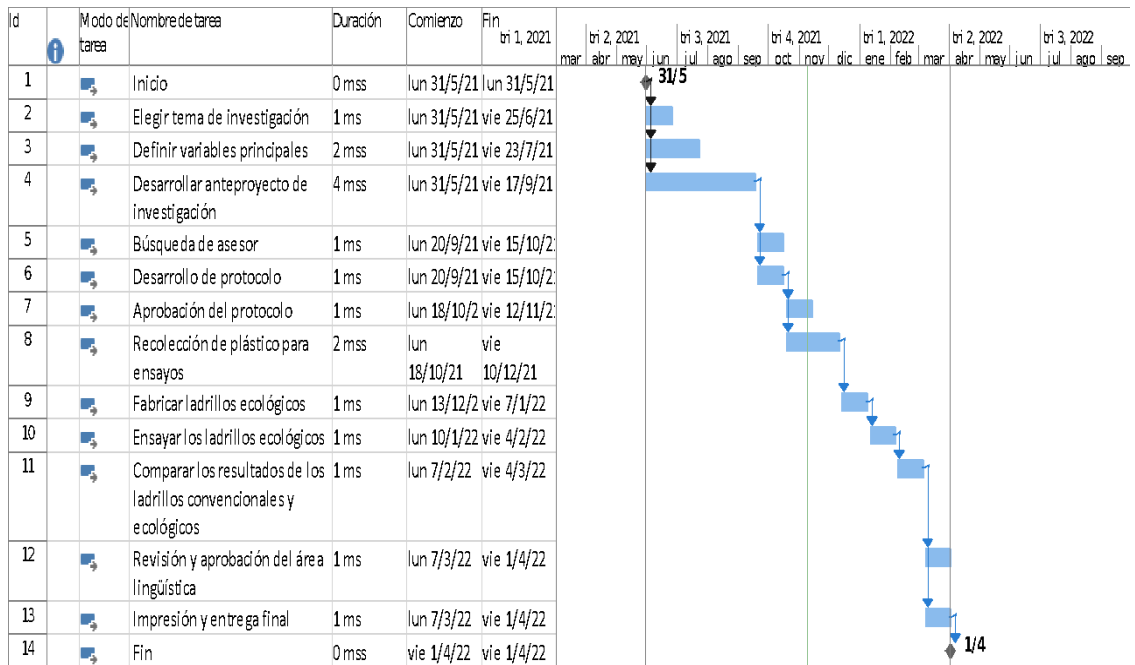
- Flexión
  - Compresión
  - Aplastamiento
- Las herramientas estadísticas a utilizar serán:
    - Análisis de correlación entre variables (convencionales vs. ladrillos ecológicos).

- Medidas de tendencia central: debido a que se reunirán datos, se realizarán los cálculos para determinar la media aritmética y sus desviaciones en cada caso.



# 11. CRONOGRAMA

Tabla III. Cronograma



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La realización del trabajo de investigación será hecha por el estudiante de maestría Jorge Adalberto Chen Juárez con asesoramiento de la Ingeniera Dilma Yanet Mejicanos Jol. La información sobre los requerimientos y proyecciones del proceso para la elaboración de los ladrillos ecológicos será proporcionada mediante una exhaustiva investigación sobre diferentes países que ya han implementado este tipo de materiales de construcción amigables con el medio ambiente. Para la elaboración de los prototipos tendremos apoyo del Ing. Edwin Liscutin y su recicladora, en la cual, posee una prensa hidráulica con las especificaciones adecuadas para poder realizar este tipo de prototipos.

Los recursos necesarios para poder llevar a cabo esta investigación se ocuparán: una computadora, un impresor, escritorio, energía eléctrica e internet, los cuales están cubiertos por el estudiante, por lo tanto, no será indispensable llevar a cabo una inversión económica.

La factibilidad financiera para el trabajo de investigación será proporcionada por recursos del estudiante de maestría. Deben tomarse en cuenta que el asesor no cobrará honorarios por lo que respecta que será solo la inversión de tiempo del estudiante de maestría la cual tendrá un valor de 75 quetzales por hora. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los recursos descritos en la siguiente tabla.

Es oportuno realizar un estudio de mercado en donde se analicen los costos de una planta de ladrillos ecológicos, así como el precio del producto elaborado por dicha planta de manera de asegurar su rentabilidad y operatividad.

Tabla IV. **Recursos necesarios para la investigación**

<b>Recurso</b>	<b>Costo</b>
Dos resmas de hojas	Q. 100.00
Viáticos (combustible y alimentación)	Q. 1000.00
Toner de impresora	Q. 500.00
Investigación Estudiante	Q. 4,000.00
Encuestas para planta de ladrillos ecológicos	Q. 1,500.00
Ensayos en CII	Q. 500.00
Gastos de municipalidad	Q.1000.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 8,600.00</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

### 13. REFERENCIAS

1. Agudelo, S., Chica, E., Obando, F., Sierra, N., Velasquez, N. y Enriquez, W. (enero, 2013). Ingeniería y Competitividad. En *Ingeniería y Competitividad*, 15, 183-193.
2. Aguilar, P. (2016). *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante* (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25297/1/tesis.pdf>.
3. Arqhys. (1 de marzo, 2020). ¿Qué es el ladrillo negro? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.arqhys.com/decoracion/que-es-el-ladrillo-negro.html>.
4. Arquitectura Digital (2013). *Ladrillo de tierra*. España: Autor.
5. Arroyave, D. (2009). *Modelo del comportamiento de presas en cascada y visualización por software* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala.
6. BBC Mundo Ciencia. (30 de junio, 2017). ¿A dónde va el plástico que tú arrojas al océano? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40456653>.



7. Buss excellen in compounding. (14 de febrero, 2015). Termoestables fabricación industrial. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://busscorp.com/es/industrias/termoestables/>.
8. CEVE. (15 de enero, 2021). Ladrillos de PET. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.ceve.org.ar/materiales-1.php>.
9. Chávez, I. V. (2013). *Reacondicionamiento de Turbina Francis de Hidroeléctrica Zunil Municipalidad de Quetzaltenango* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
10. Comisión General de Energía Eléctrica. (12 de octubre, 2018). CNEE. [Mensaje en un blog]. Recuperado de [www.cnee.gob.gt](http://www.cnee.gob.gt).
11. Delfin, J. G. (2015). *Turbinas*. España: Autor.
12. Digital, A. (31 de enero de 2013). Bloques de tierra comprimida BTC, tecnología constructiva limpia. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2015/01/bloques-de-tierra-comprimida-tecnologia.html?m=1>.
13. EAU Business School (29 de junio, 2021). Proceso de producción. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-e-desarrolla/>.
14. Ecoticias. (25 de septiembre, 2009). Ladrillos ecológicos a partir de cenizas de carbón. [Mensaje en un blog]. Recuperado de

<https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/17574/Ladrillos-ecologicos-a-partir-de-cenizas-de-carbon-medio-ambiente-residuos-reciclaje-medio-noticias>.

15. Eder, V. (2014). *Investigación del efecto del óxido de silicio en la determinación del porcentaje de agregado en los cementos puzolánicos utilizando el método de difracción de rayos X* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Agustín, Perú. Recuperado de <http://docplayer.es/97561988-Universidad-nacional-de-san-agustin-facultad-de-ingenieria-de-procesos-escuela-profesional-de-ingenieria-quimica.html>.
16. Fariñas, J. E. (2010). *Aspectos Específicos de los Aprovechamientos Minihidroeléctricos. Aplicaciones en Canarias*. España: Autor.
17. Gaggino, R. (5 de enero, 2020). Ladrillos PET, avances en la construcción ecológica. [Mensaje en un blog]. Recuperado de [https://arquitecturayempresa.es/noticia/ladrillos-pet-avances-en-la-construccion-ecologica#:~:text=Los%20ladrillos%20de%20polietilen%2Dtereftalato%20\(PET\)%2C%20aunque%20no,construir%20muros%20de%20menor%20espesor](https://arquitecturayempresa.es/noticia/ladrillos-pet-avances-en-la-construccion-ecologica#:~:text=Los%20ladrillos%20de%20polietilen%2Dtereftalato%20(PET)%2C%20aunque%20no,construir%20muros%20de%20menor%20espesor).
18. García, H. (2005). *Controles de calidad en la fabricación de un rodete Pelton*. Lima, Perú: Facultad de Ciencias Físicas.
19. González, M. (2009). *Máquinas de fluidos*. Colombia: Autor.

20. Gramajo, R. A. (2009). *Estudio y Análisis para la optimización de la planta hidroeléctrica Zunil*. Guatemala: USAC.
21. Guerrero, R. D., Estrada, R. A., Antillán, P. E., Hernández, L. E. y Valdéz López, L. M. (10 de octubre, 2016). Slideplayer. [Mensaje en un blog]. Recuperado de [www.slideplayer.es](http://www.slideplayer.es).
22. Jimenez, O. (21 de agosto, 2013). Schilare.net. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/oscarmjimenezd/ecologia-25469232>.
23. López, J. y Guerrero, C. (Agosto de 2020). *Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables* (Tesis de licenciatura). Universidad Santo Tomás, Colombia. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/29584/2020juancarloslopezlagoscarlosguerrerroruare.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
24. Martínez, R. C. (2012). *Caracterización de una turbina axial y creación de aplicación gráfica para procesamiento de datos*. España: Universidad de Jaén.
25. Metallurgist. (17 de diciembre, 2017). Procesamiento de arena silica. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/procesamiento-arena-silica/>.

26. Mexpolímeros. (15 de junio, 2020). Absorción de humedad. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.mexpolimeros.com/files/Absorcion-de-humedad.pdf>.
27. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guatemala se une a la campaña Mares Limpios de la ONU e intensifica su lucha contra el plástico*. Guatemala: Autor.
28. Mompó, M. (22 de junio, 2015). Construcción sostenible: Bloques de tierra comprimida BTC. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://arquitecturayempresa.es/noticia/construccion-sostenible-bloques-de-tierra-comprimida-btc>.
29. Ojeda, P. (2017). *Revisión bibliográfica: Hormigón con agregados de plástico reciclado*. Mendoza, Argentina: Centro de Estudios de Ingeniería en Residuos Sólidos. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/326426428\\_Revision\\_bibliografica\\_Hormigon\\_con\\_agregados\\_de\\_plastico\\_reciclados](https://www.researchgate.net/publication/326426428_Revision_bibliografica_Hormigon_con_agregados_de_plastico_reciclados).
30. Oyervide, P. y Hurtado, C. (2004). *Implementación de un procedimiento de inspección y reparación por soldadura de rodets Pelton en la Central el Molino del Proyecto Hidroeléctrico Paute*. Cuenca, Ecuador: Autor.
31. Patín, J. (2018). *Plan de negocios para la creación de una empresa de elaboración textil en base al plástico PET en El Cantón* (Tesis de Maestría). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 02 de Octubre de 2021, de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10869/1/T-UCSG-POS-MAE-177.pdf>.

32. Pérez, E. (13 de junio, 2019). *Xataka*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.xataka.com/makers/estas-casas-antihuracanes-estan-hechas-612-000-botellas-plastico-reciclado>.
33. Pineda, E. M., y Ramírez, G. A. (junio, 2019). Estudio de factibilidad técnica para fabricación de bloques de plástico reciclado por fundición. *Revista Tecnológica*, (12). Recuperado de [http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/3993/1/RT2019\\_Bloques%20de%20plastico.pdf](http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/3993/1/RT2019_Bloques%20de%20plastico.pdf).
34. REEIPG. (2015). Foto de pared de ladrillo. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.freejpg.com.ar/imagenes/premium/840388456/pared-de-ladrillo-oscuro-estilo-vintage-en-textura-de-fondo>.
35. Renovablesverdes (s.f.). Ladrillos ecológicos de cáñamo. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.renovablesverdes.com/ladrillos-ecologicos-de-canamo/>.
36. Rivera, G. R. (2009). *Reacondicionamiento de los alabes directrices de una turbina hidráulica tipo Francis en Hidroeléctrica Los Esclavos y su análisis de costos* (Tesis de licenciatura). Universidad de san Carlos de Guatemala, Guatemala.
37. Sanmartín, G. (enero, 2017). *Revista Universidad y Sociedad versión*. 9(1), 36-40. Recuperado de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202017000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100005).

38. Santillán, L. (27 de Julio de 2018). Una vida de plástico. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://ciencia.unam.mx/leer/766/una-vida-de-plastico>.
39. Valencia, J. (11 de mayo, 2015). Informe de Turbomáquinas, practica impac jet. [Mensaje en un blog]. Recuperado de [www.blogspot.com](http://www.blogspot.com).

