



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

#### PROPUESTA TECNOLÓGICA

**ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE POLITILENO  
PARA LA EMPRESA FUESMA DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE  
COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL 2017 – FEBRERO 2018.**

**Autores:**

Reinoso Tapia Erika Lucero

Vergara Pacheco Luis Aníbal

**Tutor:**

Dr. Prof. Ángel Hernández

Latacunga – Ecuador

Febrero - 2018

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Reinoso Tapia Erika Lucero con cédula de ciudadanía 050438256-5, Vergara Pacheco Luis Aníbal con cédula de ciudadanía 050339879-4 a declaramos ser autores del presente proyecto tecnológico, **“ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE POLITILENO PARA LA EMPRESA FUESMA DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL 2017 – FEBRERO 2018”**, siendo Dr. Prof. Hernández Moreno Ángel Salvador tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Reinoso Tapia Erika Lucero

C.I.: 050438256-5



Vergara Pacheco Luis Aníbal

C.I.: 050339879-4



## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto Tecnológico con el título: **“ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE POLITILENO PARA LA EMPRESA FUDESMA DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL 2017 – FEBRERO 2018”**, de autoría de los postulantes Reinoso Tapia Erika Lucero, Vergara Pacheco Luis Aníbal, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico- técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 16 de Enero del 2018

Dr. Prof. Hernández Moreno Ángel Salvador

**Tutor del Proyecto Tecnológico**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente proyecto tecnológico de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Reinoso Tapia Erika Lucero y Vergara Pacheco Luis Aníbal, con el título de Propuesta Tecnológica: **“ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE POLITILENO PARA LA EMPRESA FUDESMA DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL 2017 – FEBRERO 2018”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 30 de Enero del 2018

Para constancia firman:

Lector 1

Ing. Mg. Marcelo Tello

CC: 050151855-9

Lector 2

Ing. Freddy Quinchimbla

CC: 171931050-8

Lector 3

Ing. Mg. Carolina Villa

CC: 180307119-8



## FUDESMA

### AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En calidad de Gerente General de la Empresa FUDESMA, avalo que el Proyecto Tecnológico con el título: **“ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE POLITILENO PARA LA EMPRESA FUDESMA DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL 2017 – FEBRERO 2018”** de autoría de los postulantes, Reinoso Tapia Erika Lucero con cédula de ciudadanía 050438256-5, Vergara Pacheco Luis Aníbal con cédula de ciudadanía 050339879-4, de la carrera de Ingeniería Industrial, cumple con los requerimientos metodológicos y aportes que requiere la empresa para una mejora en su proceso productivo y autorizo LA IMPLEMENTACIÓN de dicho proyecto en las instalaciones de la empresa FUDESMA.

Latacunga, 16 de Enero del 2018

Lic. Néstor Gómez

C.C: 050063649-3

**Gerente General de la empresa FUDESMA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero agradecemos a Dios por guiar nuestros pasos, darnos la salud y la vida para poder cumplir con nuestro sueño y logros.

A nuestros padres por su invaluable apoyo, consejos, comprensión en los momentos difíciles y por apoyarnos con los recursos necesarios para estudiar con desempeño.

Quisiéramos agradecer al licenciado Néstor Gómez y su esposa por ser una inspiración y amigos sinceros.

Agradecemos a la Universidad Técnica de Cotopaxi la Carrera de Ingeniería Industrial, por darnos la oportunidad de prepararnos para ser profesionales de bien.

A nuestro director de Proyecto de Titulación, Dr. Prof. Ángel Hernández quien ayudado a enfocarnos en nuestro proyecto con éxito e interés.

**ERIKA & LUIS**

## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen de Mercedes, Virgen de Guadalupe y Niñito de Isinche y Patrono San Marcos por ayudarme, guiarme en el camino de la vida y darme la oportunidad de culminar con una de las metas y objetivos en esta vida, por haber estado conmigo en todo momento por su fidelidad y amor incondicional.

A mis padres y mi hermana que con inmenso amor y ternura supieron infundirme la responsabilidad, honestidad.

### **Erika**

Dedico a mis padres por darme la vida y el apoyo recibido en todo momento para poder cumplir con mis sueños más anhelados, también al licenciado Néstor Gómez y su esposa que han sido como mis segundos padres y me han apoyado en todo momento para mi preparación profesional.

### **Luis**

## INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
INDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN: .....	3
5.1 Situación Problemática .....	3
5.2 Planteamiento del problema .....	4
6. OBJETIVOS: .....	4



6.1 Objetivo general: .....	4
6.1 Objetivos específicos:.....	4
<b>7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS. ....</b>	<b>5</b>
<b>8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....</b>	<b>8</b>
8.1 Ventajas de los ladrillos ecológicos.....	9
8.2 Elaboración del Ladrillo .....	11
8.3 Materiales. ....	13
<b>9. HIPÓTESIS:.....</b>	<b>19</b>
<b>10. METODOLOGÍA: .....</b>	<b>19</b>
10.1. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	20
10.1.1 Máquina Electrohidráulica para la elaboración de ladrillos ecológicos.....	20
10.1.2 Proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos .....	20
10.1.3 Determinación de la resistencia mecánica del ladrillo ecológico y del ladrillo tradicional.....	22
10.1.4 Determinación de la absorción de humedad del ladrillo ecológico.....	25
10.1.5 Análisis del costo - beneficio del ladrillo ecológico .....	26
10.2 TIPOS DE METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	27
10.3. DISEÑO BÁSICO METODOLÓGICO.....	27
10.4 TÉCNICAS.....	28
10.4.1 Observación directa .....	28
10.4.2 Entrevista .....	28

10.5 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	28
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	29
11.1 Máquina automatizada electrohidráulica.....	29
11.2 Resistencias mecánicas del ladrillo ecológico y ladrillo tradicional .....	31
11.3 Humedad del ladrillo ecológico y ladrillo tradicional .....	35
11.4 Costo - beneficio del ladrillo ecológico con otras alternativas.....	36
11.4.1 Costo de producción de los ladrillos .....	36
11.4.2 Determinación del precio del ladrillo ecológico para su venta a los clientes.....	37
11.5 Costo beneficio de los ladrillos ecológicos .....	38
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	39
12.1 Impacto técnico.....	39
12.2 Impacto ambiental .....	39
12.3 Impacto económico.....	39
12.4 Impacto Social .....	40
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO .....	40
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
14.1 CONCLUSIONES .....	42
14.2 RECOMENDACIONES .....	42
15. BIBLIOGRAFÍA .....	44
16. ANEXOS .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Beneficiarios directos e indirectos. ....	3
<b>Tabla 2.</b> Actividades que se realizó para cumplir con los objetivos planteados .....	5
<b>Tabla 3.</b> Composición química del barro .....	14
<b>Tabla 4.</b> Propiedades físicas de la puzolana.....	15
<b>Tabla 5.</b> Composición Químicas de la puzolana.....	15
<b>Tabla 6.</b> Porcentaje de mezclas con su respectiva identificación por muestra.....	16
<b>Tabla 7.</b> Composición de mezclas de un ladrillo tradicional .....	17
<b>Tabla 8.</b> Composición de la mezcla del ladrillo ecológico a base de PET.....	17
<b>Tabla 9.</b> Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos.....	18
<b>Tabla 10.</b> Técnicas e Instrumentos.....	28
<b>Tabla 11.</b> Producción semanal - mensual de la elaboración de ladrillos ecológicos .....	30
<b>Tabla 12.</b> Comparación de resistencias a la compresión de ladrillos en base a componentes utilizados para su fabricación de acuerdo a la norma INEN 297.....	31
<b>Tabla 13.</b> Resistencia a la compresión (MPa) de los diferentes tipos de ladrillos.....	32
<b>Tabla 14.</b> Comparación de resistencias a la flexión de ladrillos en base a componentes utilizados para su fabricación de acuerdo a la norma INEN 297. ....	33
<b>Tabla 15.</b> Comparación de resistencias a la flexión de ladrillos en base a componentes utilizados para su fabricación de acuerdo a la norma INEN 297. ....	34

<b>Tabla 16.</b> Costo de producción del ladrillo ecológico (Cangahua y PET).....	36
<b>Tabla 17.</b> Costo de producción del ladrillo ecológico (puzolana) .....	37
<b>Tabla 18.</b> Costo de producción del ladrillo ecológico (Barro).....	37
<b>Tabla 19.</b> Presupuesto para la elaboración de ladrillos ecológicos a bases de PET.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ladrillo ecológico.....	8
<b>Figura 2.</b> Aislamiento acústico .....	10
<b>Figura 3.</b> Esparcimiento de materia prima.....	12
<b>Figura 4.</b> Mezclado de materias primas .....	12
<b>Figura 5.</b> Humedecer la materia prima mezclada.....	12
<b>Figura 6.</b> Ladrillo ecológico tipo lego (300 x 150 x 85) mm.....	13
<b>Figura 7.</b> Máquina electrohidráulica.....	20
<b>Figura 8.</b> Proceso de tamizado y mezclado de materiales. ....	21
<b>Figura 9.</b> Colocación de la mezcla en la máquina electrohidráulica y el prensado de la mezcla a 200 psi. ....	21
<b>Figura 10.</b> Proceso de curado de los ladrillos ecológicos. ....	22
<b>Figura 11.</b> Prensa Hidráulica de 40 tons, modelo T54001.....	23
<b>Figura 12.</b> Prensa electrohidráulica de marca (TINIUS OLSEN) .....	24
<b>Figura 13.</b> Prensa electrohidráulica marca TINIUS OLSEN, modelo H75KS .....	24

<b>Figura 14.</b> Ladrillos elaborados en la máquina automatizada electrohidráulica.....	29
--	----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1.</b> Proceso de elaboración del ladrillo ecológico.....	30
<b>Grafico 2.</b> Curva de resistencia a la compresión de ladrillos ecológicos elaborados de cangahua, puzolana, barro con el 20% de cemento adicionado vs. Edad de ladrillo.....	32
<b>Grafico 3.</b> Resistencia a la compresión de los ladrillos (cangahua con PET, puzolana, quemado).....	33
<b>Grafico 4.</b> Curva de resistencia a la flexión de ladrillos ecológicos elaborados de cangahua, puzolana, barro con el 20% de cemento adicionado vs. Edad de ladrillo.....	34
<b>Grafico 5.</b> Curva de resistencia a la flexión de ladrillos ecológicos elaborados de cangahua, puzolana, tradicional.....	35
<b>Grafico 6.</b> Ensayo de humedad del Ladrillo ecológico y Ladrillo tradicional.....	35

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Área total del ladrillo.....	23
<b>Ecuación 2.</b> Resistencia de compresión.....	23
<b>Ecuación 3.</b> Humedad del ladrillo (%).....	25
<b>Ecuación 4.</b> Costo de producción del ladrillo.....	26
<b>Ecuación 5.</b> Costo de venta del ladrillo .....	26
<b>Ecuación 6.</b> Costo beneficio del ladrillo .....	26

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE POLITILENO PARA LA EMPRESA FUDESMA DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL 2017 – FEBRERO 2018”

**Autores:** Erika Lucero Reinoso Tapia

Luis Aníbal Vergara Pacheco

### RESUMEN

En este trabajo se elaboró el ladrillo ecológico tipo lego con una dimensión de 300 x 150 x 85 mm a base de polietileno reciclado, cangahua, cemento y agua. Se realizó mediante un prensado electrohidráulico a 200 psi, se aplicó un proceso de curado irrigándolo 2 veces diarias durante 7 días. Los resultados obtenidos son ladrillos más económicos para la construcción de viviendas, tienen un peso de 10 lb y una resistencia a la compresión 3,81 Mpa y una resistencia a la flexión de 1,72 Mpa. Su diseño innovador de tipo lego que agiliza el trabajo, este tipo de ladrillo no requiere el proceso de cocción, lo que disminuye la contaminación. Lo relevante del ladrillo ecológico es que consta de un material de construcción amigable con el ambiente ya que en el proceso de elaboración no se utiliza la cocción, como se realiza en el proceso de los ladrillos tradicionales que los hornos emanan gases contaminantes y hollín afectando al ecosistema y la salud del ser humano. Su diseño innovador tipo lego permite realizar la construcción de una forma fácil y rápida para el maestro albañil ahorrando tiempo y complicaciones. Los estudios realizados en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional indican que este ladrillo tiene una resistencia mecánica de 25,33% a los ladrillos tradicionales siendo factible para su uso y comercialización. Para la caracterización de cada combinación propuesta en cada fase de los ladrillos ecológicos de (cangahua con PET, puzolana, tradicional quemado), se han ejecutado el ensayo de resistencia a compresión simple, el ensayo de flexión y el ensayo de humedad. Además, se ha realizado un seguimiento de las pérdidas de peso que se producen durante el tiempo de curado del ladrillo al lapso de los 7 días. Este ladrillo tipo lego además de una buena apariencia responde a criterios ecológicos y sostenibles ya que requiere un bajo nivel de energía para su fabricación.

**Palabras clave:** Ladrillo, ecológico, polietileno, medio ambiente.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

**THEME:** “ELABORATION OF ECOLOGICAL BRICKS BASED ON POLYETHYLENE FOR THE COMPANY FUDESMA LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE IN THE PERIOD APRIL 2017 - FEBRUARY 2018”

**Autores:** Erika Lucero Reinoso Tapia

Luis Aníbal Vergara Pacheco

### ABSTRACT

In this work the ecological brick type Lego with a dimension of 300 x 150 x 85 mm was elaborated based on recycled polyethylene, cangahua, cement and water. It was carried out by means of an electrohydraulic pressing at 200 psi; a curing process was applied irrigating it 2 times daily for 7 days. The results obtained are cheaper bricks for the construction of houses, have a weight of 10 lb. and a resistance of compression 3.81 MPa. Its innovative design of Lego type that streamlines the work, this type of brick does not require the cooking process, which reduces pollution. The relevant aspect of the ecological brick is that it consists of a construction material that is friendly to the environment since cooking is not used in the manufacturing process, as is done in the process of traditional bricks that the kilns emit pollutant gases and soot, affecting the ecosystem and the health of the human being. Its innovative design allows the construction of an easy and quick way for the master bricklayer saving time and complications. The studies carried out in the laboratories of the National Polytechnic School indicate that this brick has a greater mechanical resistance 25, 33% to the traditional bricks being feasible for its use and commercialization. For the characterization of each combination proposed in each phase of the ecological bricks of (cangahua with PET, puzolana, traditional burned), the simple compression resistance test, the bending test and the humidity test have been carried out. In addition, a follow-up of the weight losses that occur during the curing time of the brick was carried out after 7 days. This brick type Lego in addition to a good appearance responds to ecological and sustainable criteria because it requires a low level of energy for its manufacture.

**Keywords:** Brick, ecological, polyethylene, environment.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y EDUCACIÓN  
Latacunga – Ecuador

---

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente de la Carrera de Ciencias de la Educación, mención Inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO QUE:** La traducción del resumen del Proyecto de Investigación al idioma Inglés presentado por los estudiantes: **LUIS ANIBAL VERGARA PACHECO** y **ERIKA LUCERO REINOSO TAPIA**, cuyo título versa “**ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE POLITILENO PARA LA EMPRESA FUESMA DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO ABRIL 2017 – FEBRERO 2018**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto pudo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Enero 2018

Atentamente,

Lic. MSc. Patricia Mena V.  
**DOCENTE**  
**C.C. 0501574297**



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título:**

Elaboración de ladrillos ecológicos a base de polietileno para la Empresa FUEDESMA del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi en el periodo abril 2017 – Febrero 2018.

**Fecha de inicio:** 24/04/2017

**Fecha de finalización:** 16 /02/2018

**Lugar de ejecución:**

Barrio La Calera – Parroquia Eloy Alfaro- Provincia de Cotopaxi – Zona 3

**Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Industrial

**Nombres de equipo de investigadores.**

Dr. Prof. Ángel Hernández

Erika Reinoso

Luis Vergara

**Área de conocimiento códigos de la UNESCO (UNESCO, 2013 - 2016)**

Área de la ingeniería, industria y construcción

**Plan Nacional del Buen Vivir (SENPLADES, 2017)**

**Objetivo 10:** Impulsar la transformación de la matriz productiva de acuerdo al plan nacional del buen vivir del Ecuador

También se basa en la política del Plan del Buen Vivir:

**Política:** 10.5 Fortalecer la economía popular y solidaria de las micro, pequeñas y medianas empresas en la estructura productiva.

**Líneas de investigación de la UTC (UTC, 2015)**

**Línea 4:** Procesos industriales

**Las Sub-líneas de la carrera de Ingeniería Industrial (UTC, 2015)**

Administración y gestión de la producción.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El ladrillo tradicional en su proceso de fabricación se utiliza arcilla que está compuesta por sílice, alúmina, agua, alcalinos como óxidos de hierro, calcio, magnesio que al momento de la cocción emana gases contaminantes. En su proceso de cocción que alcanza hasta los 1000 °C se utilizan (diésel, llantas, plomo, leña en su mayoría). (Ronquillo, 2017). El costo del ladrillo tradicional es de 0,30 centavos de dólar americano por unidad. También al momento de realizar cualquier tipo de construcción con este ladrillo se emplea 3 kg de cemento por metro cuadrado y 0,016 metros cúbicos de arena y a su vez es demoroso provocando inexactitudes de nivelación y mala calibración. Otro problema que tiene este ladrillo es el uso excesivo de agua para su fabricación de moldeo.

El ladrillo ecológico es un material de construcción amigable con el ambiente ya que en el proceso de elaboración no utilizamos cocción como se lo hace en el proceso de los ladrillos tradicionales que emanan gases contaminantes y hollín, además el ladrillo tiene un diseño innovador el cual nos permite realizar la construcción de una forma fácil y rápida, si hablamos de construcciones de viviendas con nuestro ladrillo tendrán menor costo de inversión y aparte posee una resistencia mayor a los ladrillos normales.

Para la bio-construcción los materiales empleados para los ladrillos ecológicos permitirán que estos sean más ligeros al momento de ser fabricados con el polietileno que no afectara a la resistencia tanto de compresión, flexión y absorción de humedad, esto siendo muy conveniente para el cliente experimentando de esta manera un tipo de vivienda económica.

## **3. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación se ejecuta como respuesta a las deficiencias observadas en la resistencia de los ladrillos tradicionales utilizados en la construcción de viviendas, ya sea por desconocimiento, irresponsabilidad o por acelerar el proceso constructivo se cometen errores al construir, las cuales no cumplen los parámetros necesarios, con ello se evidencia inexactitudes a lo largo del tiempo.

Esta tecnología es muy envidiosa por su eficiencia energética y económica, como es la elaboración de ladrillos ecológicos sin cocción se convierte en un material de construcción sostenible con un gran potencial y capacidad de cubrir las necesidades actuales y futuras de la sociedad.

Nuestro proyecto responde a las exigencias de disminuir el gasto energético y el impacto ambiental provocado por subproductos provenientes de cultivos agrícolas e industriales como los desechos del

PET (polietileno) y a la necesidad de aumentar la calidad medio ambiental. La principal ventaja del uso del eco- ladrillo es la eliminación de la emisión de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> a la atmósfera al eliminar la cocción del proceso de elaboración de los mismos.

La fabricación de ladrillos ecológicos promueve la construcción verde, al mismo tiempo que se aprovechan los materiales disponibles (PET, cangahua, cemento, agua) disminuyendo costos y desperdicios, finalmente promoviendo el reciclaje y reutilización de estos materiales, en tal virtud se reduce el consumo de energía.

La investigación a nivel económico en la elaboración del ladrillo a partir de sus materias primas al momento de la adquisición será más factible agilizando el tiempo de construcción y disminuyendo gastos.

A nivel ambiental se eliminará el uso de material combustible reduciendo la emanación de gases tóxicos que afecta en los cambios climáticos a nivel mundial y afectando a la salud del ser humano.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

En la Tabla 1 se muestran los beneficiarios directos e indirectos del proyecto enfocado a la elaboración de ladrillos ecológicos.

**Tabla 1.** Beneficiarios directos e indirectos.

Beneficiarios Directos	1	Gerente de la empresa FUDESMA
	5	Trabajadores
Beneficiarios Indirectos	40	Clientes
	4	Proveedores
<b>Total</b>	50	

**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara.

En la empresa FUDESMA existe 6 beneficiarios directos, mientras que 44 beneficiarios indirectos de los cuales existen 40 clientes y 4 proveedores.

#### 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

##### 5.1 Situación Problemática

Actualmente la fabricación de ladrillos posee una serie de procesos estandarizados a nivel global, que van desde la selección del material hasta el proceso de empaclado. La materia prima, principalmente, utilizada para este proceso es la arcilla, cuya composición mayoritaria es de sílice,

alúmina, agua, alcalinos como óxidos de hierro, calcio, magnesio. El proceso de cocción de este elemento constituye un problema ecológico en muchas ciudades, debido a la emisión de gases contaminantes hacia la atmosfera, tales como el CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y NOx. Por ello es necesario disminuir simultáneamente la emisión de estos gases contaminantes por todos los problemas medioambientales que ocasionan (calentamiento global, lluvia acida, smog fotoquímico, etc.)

En las áreas rurales y artesanales del Ecuador la fabricación de ladrillos se realiza de forma artesanal, y se ha convertido en un problema ya que existen distintas alternativas de ladrillos para la construcción, hay muy pocas alternativas que no se genere a partir de la cocción, es una fuente de contaminación que ocasionan enfermedades de tipo respiratorio.

En la Provincia de Cotopaxi, ubicado en el cantón Latacunga, no existe un buen método para la fabricación de ladrillos. Actualmente este proceso se realiza a partir de la cocción de materiales altamente contaminantes, lo que origina enfermedades de tipo respiratorio que afectan a la población local, y a la vez para la construcción de las viviendas tiene altos costos para la adquisición de materias primas y mano de obra que se utiliza para el levantamiento de paredes y columnas.

## **5.2 Planteamiento del problema**

¿Cómo disminuir la contaminación generada en el proceso de fabricación de ladrillo tradicional y los costes en la construcción de viviendas?

## **6. OBJETIVOS:**

### **6.1 Objetivo general:**

- Elaborar ladrillos ecológicos a base de polietileno para la disminución de la contaminación generada en su proceso de fabricación y los costes en la construcción de viviendas.

### **6.1 Objetivos específicos:**

- Investigar el proceso actual de fabricación de ladrillos ecológicos en la empresa FUEDESMA
- Definir un criterio para la fabricación del ladrillo ecológico a base de PET (polietileno).
- Determinar la composición de materias primas en la mezcla a utilizarse para la fabricación del ladrillo ecológico con el uso del PET (polietileno).
- Establecer el costo - beneficio de la elaboración de ladrillos ecológicos con otras alternativas.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

En la Tabla 2 se muestran las actividades a realizar para darle cumplimiento a los objetivos específicos así como los resultados esperados en su realización.

**Tabla 2.** Actividades que se realizó para cumplir con los objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	METODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
1. Investigar el proceso actual de fabricación de ladrillos ecológicos en la empresa FUDESMA.	1.1 Identificar el proceso actual de la elaboración y sistema de producción de los ladrillos ecológicos de la empresa FUDESMA.	Interpretar como elaboran sus ladrillos y su proceso en la empresa FUDESMA.	Método de campo Entrevista, técnica de observación – guía de entrevista
	1.2 Especificar el nivel de producción y costo de venta de los ladrillos ecológicos de la empresa FUDESMA	Conocer el costo de venta del ladrillo analizando el nivel de gastos en las materias primas que utilizan.	
2. Definir un criterio para la fabricación del ladrillo ecológico a bases de PET ( polietileno)	2.1 Realizar una revisión bibliográfica para establecer los criterios sobre la elaboración de un ladrillo.	Deducir los diferentes tipos de procesos para la elaboración de un ladrillo.	Método bibliográfico Se obtuvo la información en las diferentes páginas web: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taylor and Francis</li> <li>• Scielo</li> </ul>

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	METODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
	2.2 Analizar los indicadores de calidad de la materia prima aprobadas con normas para el proceso de fabricación.	Indagar el nivel de calidad de cada una de las materias primas empleadas para la elaboración del ladrillo.	Método bibliográfico Indicador de calidad de materia prima (NTE INEN 490 y ASTM C595)
	2.3 Identificar la composición de materia prima en la mezcla del ladrillo ecológico tradicional y ladrillo ecológico con PET.	Establecer las porciones de materia prima que se utilizaran para la elaboración de los ladrillos.	Método empírico Normas de calidad INEN 294 INEN 295 INEN 296
	2.4 Establecer los criterios para la elaboración de los ladrillos ecológicos.	Determinar un tipo de proceso óptimo para la elaboración del ladrillo ecológico.	Método bibliográfico Se obtuvo la información en las diferentes páginas web: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taylor and Francis</li> <li>• Scielo</li> </ul>

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	METODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
3. Determinar la composición de materias primas en la mezcla a utilizarse para la fabricación del ladrillo ecológico.	3.1 Elaborar ladrillos ecológicos con diferentes dosificaciones en la mezcla.	Comprobar la dosificación de la mezcla para los ladrillos ecológicos	Método empírico Norma de calidad INEN 294.
	3.2 Determinar los parámetros de resistencia mecánica de acuerdo a la normativa INEN 297.	Comparar la resistencia mecánica de cada ladrillo que se elaboró mediante ensayos de prueba mecánica.	Método experimental Norma de calidad 297 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 Ensayos de resistencia de compresión</li> <li>• 6 Ensayos de resistencia de flexión.</li> </ul>
	3.3 Seleccionar la composición más adecuada a los parámetros de calidad establecidos en la normativa INEN 297	Escoger la mejor alternativa obtenida en los ensayos de prueba mecánica que se sometieron los ladrillos elaborados.	Método bibliográfico experimental Norma de calidad INEN 297

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
4. Establecer el costo - beneficio de la construcción de ladrillos ecológicos con otras alternativas.	4.1 Analizar el presupuesto invertido en materia prima para la elaboración del ladrillo tradicional y ladrillo ecológico.	Comparar el costo entre el ladrillo tradicional y el ladrillo ecológico.	Método bibliográfico Herramientas estadísticas Costo de producción Precio de venta Costo beneficio
	4.2 Determinación del precio del ladrillo ecológico para su venta a los clientes.	Proyectar el precio que tendrá el ladrillo ecológico para su comercialización.	

Elaborado: Erika Reinoso, Luis Vergara

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### LADRILLOS ECOLOGICOS

Figura 1. Ladrillo ecológico.



Fuente: Empresa FUEDSMA

Los ladrillos ecológicos son ladrillos construidos con materiales que no degradan el medio ambiente y cuya fabricación también es respetuosa con este, frente a los ladrillos habituales cuya fabricación y materiales no es tan inocua.

Los ladrillos ecológicos tienen cualidades similares a los tradicionalmente utilizados para la construcción de las casas. Por tanto, su uso no se deriva en pérdida de calidad puesto que, como la mayoría de productos ecológicos, sufren más pruebas de su viabilidad que los tradicionales.

El ladrillo ecológico se debe a que en su producción no estimula una degradación al medio ambiente, lo que elimina el uso de hornos para el proceso de curado como lo hace el ladrillo



cerámico tradicional, evitando la quema de bosques, e impidiendo toneladas de gases tóxicos que se emiten a la atmósfera y desalienta la deforestación. (Farías, 2015).

Desde nuestro punto de vista el ladrillo ecológico es un material de construcción, que no degrada al medio ambiente porque no utiliza en su proceso la cocción, como son los tradicionales, que emiten gases contaminantes en su fabricación.

Este ladrillo tipo lego lleva un macho y un hembra, esto da la ventaja que vas ensamblando como si fueran cubos y como son del mismo tamaño, te queda la misma altura y la misma dirección, no se puede enchuecar y como no lleva cemento entre cada cubo, sino que se van ensamblando. Tampoco llevan hilada, cuando terminan una capa de ladrillos le ponen un hilo para que no se desnivele.

Este ladrillo permite al trabajador de la construcción ahorrarse parte del trabajo necesario para dejar espacio a las instalaciones eléctricas o de agua potable, toda vez que los ladrillos salen de la máquina con los orificios necesarios. Todo este tipo de ladrillos traen unos orificios, en este tipo de orificios se esparce el cemento para que se haga una columna interior para que tomen resistencia los muros, pero es muy poco lo que se ocupa. Dichas ranuras funcionan también para instalaciones eléctricas y de agua. Además, su método de ensamble tipo rompecabezas agiliza el trabajo de construcción (Sanchez,2015).

Desde nuestro punto de vista el ladrillo ecológico permite ahorrar gastos en la construcción de viviendas esto debido a su acabado perfecto y su diseño tipo lego por lo que es considerado un material de construcción factible.

### **8.1 Ventajas de los ladrillos ecológicos**

Pero en general sus ventajas son:

- Diminución del tiempo de construcción en un 30% con relación a la albañilería convencional ya que su diseño se encajamiento modular que tienen los ladrillos ecológicos tipo lego.
- Economía en el costo final hasta de un 40% en las paredes de ladrillos ecológicos en relación con los ladrillos tradicionales o bloques de arcilla cocido.
- Economía de 100% en el uso de madera para encofrado de pilares o columnas y vigas.
- Son mejores aislantes del frío, calor y ruidos acústicos en el exterior, con lo que se gasta menos energía en el hogar.

- Los ladrillos ecológicos tipo lego son curados con agua y sombra a diferencia de los ladrillos convencionales que dependen de la quema de llantas, plástico y leña en hornos, contribuyendo a la deforestación y a la contaminación del medio ambiente.
- Los materiales de los ladrillos ecológicos hacen que éstos sean más ligeros y manejables para el trabajador agilizando el tiempo de construcción y disminuyendo los gastos.
- El ladrillo ecológico con su diseño tipo lego facilita las instalaciones hidráulicas ya que sus tuberías son embutidas por los agujeros evitando la rotura de paredes necesaria en la albañilería convencional al igual que para las instalaciones eléctricas ya que también permiten que los interruptores y tomacorrientes sean fijados directamente sobre los ladrillos.

### **Sus características:**

Es un material inocuo y reciclable. No con lleva problemas como deforestación o minería extractiva. Su costo energético es mínimo, ya que no involucra cocción. Tiene gran capacidad de almacenar el calor y cederlo posteriormente. Permite atenuar los cambios de temperatura externos, creando un ambiente interior agradable.

### **Aislamiento acústico:**

Los muros de tierra transmiten mal las vibraciones sonoras, propiedad que los convierte en una eficaz barrera contra ruidos indeseados. Regulan la humedad interior, evitando así las condensaciones. Fácil manejo y trabajo. (Paz, 2016).

Desde nuestro punto de vista el aislamiento térmico del ladrillo ecológico permitirá la comodidad y confortabilidad de las personas y el ahorro energético en el hogar.

**Figura 2.** Aislamiento acústico



**Fuente:** Empresa FUDESMA

## 8.2 Elaboración del Ladrillo

### Mezcla Automatizada

#### 1. Mixturador - Homogeneización

**Mixturador:** La mezcla de las cantidades de materia prima será efectuada en una máquina Mixturadora, que da un movimiento interno rotativo y con caída en forma de cascada, haciendo la homogeneización de forma rápida, eliminando los grumos de la mezcla.

**Homogeneización:** Proporciona una homogenización de la tierra ya mezclada, quebrando y homogenizando nuevamente los granos que puedan haber sido mal mezclados, puede ser usado después de haber pasado por la mezcla mecánica dando mayor calidad y economía al producto final a ser prensado.

#### 2. Paso: Prensado

**Prensado Hidráulico:** Después de efectuar el primer paso, se llenará la caja depósito de la materia prima que lo transferirá a la caja molde donde, en su interior recibe un tratamiento térmico, compuesto de matrices modeladoras intercambiables posibilitando variados modelos, diferentes tamaños de ladrillos.

#### 3. Fraguado o curado

**Fraguado:** Una vez pilados los ladrillos ecológicos sobre los pallets, se realiza el fraguado con el riego controlado de agua mediante un sistema de regado mecanizado con un sensor de humedad y calor (en caso de falta de humedad será accionado automáticamente) deberá mantenerse la humedad por tres días, siendo su regado en promedio: 3 veces al día para la hidratación adecuada de la mezcla de la materia prima y así adquirir la solidez y fortaleza, siendo éste el acabado final. (Viera, 2016).

Desde nuestro punto de vista este proceso de elaboración del ladrillo ecológico permite que el producto contenga una mejor calidad, basado en la mezcla de las cantidades de cada material, las dimensiones del mismo y el proceso de fraguado que permitirá que el ladrillo obtenga las resistencias mecánicas requeridas.

### MEZCLA MANUAL

Para los productos que no utilizan el equipo de mezcla automatizado para mezclar deben ser los siguientes:

- A. El suelo en una superficie lisa e impermeable, formando una capa de 20cm a 30cm.

**Figura 3.** Esparcimiento de materia prima



Fuente: ladrillos ecológicos - Brasil

- B. Esparcir el cemento sobre el suelo y mezclar bien, hasta que la mezcla quede con una coloración uniforme, sin manchas de suelo o cemento.

**Figura 4.** Mesclado de materias primas



Fuente: ladrillos ecológicos - Brasil

- C. Para humedecer, esparce nuevamente la mezcla como en el ítem, añada agua poco a poco sobre la superficie usando regador o una manguera con boquilla y mezcle todo de nuevo.

**Figura 5.** Humedecer la materia prima mezclada



Fuente: ladrillos ecológicos - Brasil

Después de que se forman grumos humedecidos en la mezcla, se debe detectar el compuesto con un tamiz manual o una trituradora de Eco TRS-70 para el suelo que vuelva a mezcla y así romper los grumos de la mezcla.( Eco Maquinas, 2017).

Desde nuestro punto de vista la mezcla de los materiales se deben realizar con las cantidades exactas de cada material para que el ladrillo obtenga la calidad, resistencia requerida y a la vez permite que la producción sea mayor y no desperdiciar la materia prima.

**Figura 6.** Ladrillo ecológico tipo lego (300 x 150 x 85) mm



**Fuente:** Empresa FUEDSMA

### 8.3 Materiales.

#### 1. Cangahua

##### Características Físicas de la Cangahua

La cangahua predominante es limo arenoso (ML), con los siguientes límites Atterberg:

- Límite plástico promedio 24%
- Límite líquido promedio 33%
- Índice de plasticidad de 9%

##### Características Mecánicas de la Cangahua.

La cangahua tiene una resistencia al corte la misma que varía entre  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  y  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ . Además, su ángulo de fricción interna se encuentra entre  $23^\circ$  y  $32^\circ$ ; el coeficiente de Poisson se encuentra entre 0.3 y 0.4; el coeficiente de permeabilidad  $K$  de la cangahua varía entre  $1.35 \text{ E}^{-6}$  y  $4.48 \text{ E}^{-6} \text{ m/s}$  según el autor francés Duhaufour, algunos valores que se manejan para la cohesión de la cangahua están en el orden de  $1 \pm 0.5 \text{ kg/cm}^2$  (Suarez, 2015).

Desde nuestro punto de vista la cangahua es un material de construcción resistente ya que tiene una excelente plasticidad que permitirá una mejor compactación y resistencia del ladrillo.

#### 2. Barro

**Composición química del barro.-** La composición común del barro es muy parecida a la de la corteza terrestre.

En la Tabla 3 se observa la composición química del barro en la cual se detalla sus elementos químicos y su corteza.

**Tabla 3.** Composición química del barro

	<b>CORTEZA</b>	<b>BARRO</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	59,14	57,02
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15,34	16,15
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	6,88	6,7
<b>MgO</b>	3,49	3,08
<b>CaO</b>	5,08	4,26
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3,84	2,38
<b>K<sub>2</sub>O</b>	3,13	2,03
<b>H<sub>2</sub>O</b>	1,15	3,45
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1,05	0,91

Fuente: Suarez – cangahua

Como se indica en existen dos principales tipos de barro, el barro primario y el barro secundario. Éstas son las características de cada uno:

- **Barro primario:** Es el que se extrae justo del lugar en donde se encuentra la roca ígnea de donde proviene. Los barros primarios son raros, porque la mayoría de los barros han sido cambiados de lugar por el agua, aire, nieve, etc. El barro primario se caracteriza por ser menos plástico (8%) y estar más granulado.
- **Barro secundario:** Es el barro que ha sido transportado de su lugar de origen por medio de la lluvia y aire, este barro es más plástico, ya que se ha mezclado con más materia orgánica que los primarios. (Veintimilla, 2016)

Desde nuestro punto de vista el barro es una material que tiene menos plasticidad esto se debe por granulación, pero al estar combinado con la arena permite que el ladrillo obtenga una resistencia excelente.

### 3. Puzolana

La puzolana son también conocida como Polvo Blanco en la Provincia de Cotopaxi, son bancos de arena volcánica, generalmente son usadas para hacer tabiques o ladrillos.

Las puzolanas, según su origen, se clasifican en dos grandes grupos el de las naturales y el de las artificiales.

- **Puzolanas Naturales.-** Los materiales denominados puzolanas naturales pueden tener dos orígenes distintos, uno puramente mineral y otro orgánico.

- **Puzolanas artificiales.-** Se definen éstas como materiales que deben su condición de tales a un tratamiento térmico adecuado. Dentro de esta condición cabe distinguir dos grupos uno, el formado por materiales naturales silicatados de naturaleza arcillosa y esquistosa y otro el constituido por subproductos de determinadas operaciones industriales.

En la Tabla 4 se observa las propiedades físicas que contiene la puzolana esto permite conocer sus características para la fabricación del ladrillo ecológico.

**Tabla 4.** Propiedades físicas de la puzolana

<b>PH</b>	<b>7</b>
<b>Punto de Fusión °C</b>	800 - 900
<b>Punto de Inflamabilidad</b>	No inflamable
<b>Aspecto Físico</b>	Sólido
<b>Forma</b>	Granulado o en Rocas
<b>Colores</b>	Rojizo - Rosado o Negro
<b>Olor</b>	Inodora
<b>Solubilidad en agua</b>	Insoluble

**Fuente:** Urgiles – Puzolana

En la tabla 5 se observa la composición química y la estructura interna. Se prefieren puzolanas con composición química tal que la presencia de los tres principales óxidos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) sea mayor del 70%. Se trata que la puzolana tenga una estructura amorfa (Urgiles, 2016)

Desde nuestro punto de vista la puzolana es un material que no cumple con los estándares para una buena compactación, esto debido que no tiene ningún índice de plasticidad y al aplicar el mortero absorbe la humedad.

**Tabla 5.** Composición Químicas de la puzolana

<b>Elemento</b>	<b>Composición (%)</b>
<b>Dióxido de Silicio ( <math>\text{SiO}_2</math> )</b>	65
<b>Óxido de Aluminio ( <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> )</b>	14
<b>Óxido de Potasio ( <math>\text{K}_2\text{O}</math> )</b>	3
<b>Otros Óxidos</b>	9

**Fuente:** Urgiles – composición

### Procedimiento experimental

Inicialmente se recolectan y clasifican las botellas PET en diferentes lugares de la ciudad. Luego se introduce el material a la máquina trituradora, para así tener como producto final en forma de escamas.

Se fabrica el molde en madera con las dimensiones ya establecidas por los fabricantes, que son (300 x 150 x 85) mm; estos moldes son los usados para los ladrillos que se usan en los muros portantes. Ya teniendo el molde listo y el PET triturado se procede a mezclar los materiales: Cemento Portland Puzolánico tipo IP (Selvalegre), cangahua, Agua, PET, en las siguientes proporciones que se muestran en la tabla.

En la Tabla 6 se muestra el % de cemento y PET que se empleara en la dosificación para la elaboración de las muestras de ladrillo ecológico de cangahua, esto permitirá identificar las proporciones que se aplicaran en las mezclas para realizar los ensayos de resistencia de compresión y flexión de acuerdo a la norma INEN 297.

**Tabla 6.** Porcentaje de mezclas con su respectiva identificación por muestra

<b>Cemento</b> (% en proporción en peso)	<b>PET</b> (% en proporción en peso)	<b>Cangahua</b> ( lb en proporción en peso)	<b>Muestra</b>	<b>Nº de muestras</b>
10	31	15	M1	3
15	31	15	M2	3
20	31	15	M3	3

**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

También tenemos que conocer los componentes que tiene el ladrillo tradicional y a la vez comparar con los del ladrillo ecológico para saber su proporción (%).

En la Tabla 7 se observa que para la elaboración del ladrillo tradicional se emplea como fuente principal de materia prima el barro (arcilla) lo cual es una capa fértil de la tierra el humus es decir que se produce una desertificación del suelo, también se emplea aserrín ya que permite que se



que me mejor el ladrillo y da el color rojizo. A la vez se aplica tierra y agua en su dosificación ya que permite que no se rompa.

**Tabla 7.** Composición de mezclas de un ladrillo tradicional

<b>Componentes</b>	<b>(%) Proporción</b>
Barro (arcilla)	65
Agua (H <sub>2</sub> O)	20
Aserrín	10
Tierra	5

**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

En la Tabla 8 se muestra que para la elaboración de ladrillo ecológico se emplea un 32 % de cemento, 32% cangagua, 31% de PET y un 5% de agua y para la elaboración de este ladrillo se utiliza como fuente principal el PET que se emplea en una proporción (31%) para su elaboración.







**Tabla 8.** Composición de la mezcla del ladrillo ecológico a base de PET

<b>Componentes</b>	<b>(%) Proporción</b>
CEMENTO	20
CANGAHUA	44
PET	31
AGUA	5

**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

En la Tabla 9 se muestra los requerimientos de resistencia mecánica según la normativa INEN 297 nos dice que para que pueda aprobar un nivel de calidad óptima para el uso de este ladrillo se debe cumplir con el siguiente estándar. Bajo la norma ecuatoriana de construcción NEC se dice que el peso del ladrillo tradicional debe tener un rango de peso unitario especificado por la normativa INEN.

**Tabla 9.** Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos.

Tipo de ladrillo		Resistencia mínima a la compresión (Mpa)		Resistencia mínima a la flexión (Mpa)	Absorción máxima de humedad %
		Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
Macizo tipo A		25	20	4	16
Macizo tipo B		16	14	3	18
Macizo tipo C		8	6	2	25
Hueco tipo D		4	3	2	16
Hueco tipo E		3	2	2	17
Hueco tipo F		3	3	1	17
<b>MÉTODO DE ENSAYO</b>		<b>INEN 294</b>		<b>INEN 295</b>	<b>INEN 296</b>

**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

En esta tabla especificamos los requisitos del tipo de ladrillo según la norma INEN 294, 295 y 296 las cuales nos indica la resistencia mínima de compresión, flexión y máxima absorción de humedad ( INEN,2017)

Las situaciones de uso de este tipo de ladrillos son:

- Tipo de ladrillo A y B empleados comúnmente para los acabados de fachada, muros aislados y parapetos

- Tipo de ladrillo A empleado para la construcción de muros sujetos a cargas muy pesadas y con alta resistencia a la penetración de agua.
- El tipo A, será ladrillo reprensado, de color rojizo uniforme, con ángulos rectos y aristas rectas. No tendrá manchas, eflorescencias, quemados ni desconchados aparentes en caras y aristas.
- El tipo B, será ladrillo de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas, diferenciándose del tipo A en que puede tener pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 5 mm.
- El tipo C, será semejante al tipo B, diferenciándose de él en que puede, además, ser fabricado a mano y tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8 mm.
- De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos huecos se emplearán en los siguientes usos estructurales.
- El tipo D, podrá emplearse en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado.
- El tipo E, podrá emplearse únicamente en la construcción de tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
- El tipo F, podrá emplearse únicamente en el relleno de losas alivianadas de hormigón armado.

## 9. HIPÓTESIS:

La elaboración de ladrillos ecológicos, a base de PET (polietileno), en la empresa FUDESMA eliminará la contaminación mediante el proceso de cocción, y reducirán los costes en la construcción de viviendas

**Variable dependiente:** Disminución de la contaminación y costes

**Variable independiente:** Elaboración del ladrillo ecológico.

## 10. METODOLOGÍA:

Nuestro proyecto maneja indicadores cuantitativos basado en una investigación exploratoria de campo para la elaboración de ladrillo ecológicos a bases de PET (polietileno) de lo cual estudiaremos si será factible para la disminución de costes en construcción de viviendas y contaminación generada que afecta al medio ambiente.

## 10.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

### 10.1.1 Máquina Electrohidráulica para la elaboración de ladrillos ecológicos

Para la elaboración de los ladrillos ecológicos se diseñó y construyó una máquina automatizada electrohidráulica. Esta máquina permite una mejor producción de ladrillos moldeados con un perfecto acabado y de las siguientes dimensiones: 300 x 150 x 85 mm. En la Figura 7 se puede apreciar una foto de la máquina con sus partes principales y en el Anexo 4 se especifica el diseño del sistema hidráulico.

**Figura 7.** Máquina electrohidráulica



**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

Como se puede apreciar en la Figura 7, la máquina electrohidráulica está constituida por las siguientes partes principales: tolva (1), caja de moldeo (2), moldes (3), pistón hidráulico (4), tanque de abastecimiento del aceite hidráulico (5), sistema eléctrico (6), motor eléctrico (7), sistema hidráulico (8). En la Tabla del Anexo 5 se muestran los materiales y las medidas con las que están construidas cada parte de la máquina.

### 10.1.2 Proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos

#### Preparación de la mezcla

Para la elaboración de los ladrillos ecológicos sigue el siguiente proceso:

Primero se realiza el tamizado de los materiales que se utilizarán para la conformación del ladrillo (cangahua, puzolana y barro) y, posteriormente, se mezclan cada uno de ellos con un determinado porcentaje de cemento (10 %, 15 %, 20%) para evaluar con cuál de ellos se obtiene los mejores

resultados; y se humedece con agua (10 lt). En la Figura 8 se puede observar el proceso de tamizado y mezclado de los materiales.

**Figura 8.** Proceso de tamizado y mezclado de materiales.



Fuente: Empresa FUDESMA

### **Elaboración del ladrillo en la máquina electrohidráulica**

Inicialmente, el operario realiza una revisión de todo el sistema de la máquina electrohidráulica y al comprobar que está en perfectas condiciones, procede a encenderla, y a colocar la mezcla en la tolva. Posteriormente, el operario hala la tolva hacia el depósito de material, que se encuentra en la caja de moldeo, y ubica el molde encima de la caja de moldeo para que el pistón hidráulico aplique una presión de 200 psi sobre la misma y con ello se comprime el ladrillo. Finalmente, se retira el ladrillo ecológico de la máquina, hacia los palets para su respectivo curado y secado. En el Figura 9 puede observar la colocación de la mezcla en la máquina electrohidráulica y el prensado de la mezcla a 200 psi.

**Figura 9.** Colocación de la mezcla en la máquina electrohidráulica y el prensado de la mezcla a 200 psi.



Fuente: empresa FUDESMA

El proceso de curado de los ladrillos se realiza en un cuarto de almacenamiento durante un tiempo de 7 días. Al finalizar dicho tiempo, se retiran los palets y los ladrillos se mantienen almacenados en el mismo cuarto de almacenamiento durante 28 días, tiempo que es el recomendado y empleado

internacionalmente. Tras el proceso de curado se mejoran las propiedades mecánicas del ladrillo (Eco máquinas, 2017). En la Figura 10 se muestra una foto del proceso de curado.

**Figura 10.** Proceso de curado de los ladrillos ecológicos.



**Fuente:** Empresa FUEDSMA

Transcurridos los 28 días, los ladrillos ecológicos están listos para ser sacados a la venta y utilizados en la construcción de viviendas.

### **10.1.3 Determinación de la resistencia mecánica del ladrillo ecológico y del ladrillo tradicional**

De acuerdo a la norma ecuatoriana INEN 297, a los ladrillos se les realizan las siguientes pruebas de calidad: resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y absorción de humedad (INEN, 2017). A continuación se explica el procedimiento utilizado para la determinación de estos parámetros.

#### **Resistencia a la compresión**

El ensayo de resistencia a la compresión, tanto del ladrillo tradicional como del ladrillo ecológico, se realizó en el Laboratorio de Electromecánica de la Facultad de Ciencia de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) y en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador (EPN).

Para el ensayo de compresión, realizado en Laboratorio de Electromecánica de la UTC, se utilizó la prensa hidráulica de 40 tons, modelo T54001. En la Figura 10 se puede apreciar una foto de este equipo. Para realizar este ensayo se colocó en la prensa hidráulica el ladrillo ecológico (cangahua con PET), puzolana y el tradicional quemado con 2 placas, una en la parte superior y otra en la parte inferior, y se calibró hasta un punto cero (ajuste del ladrillo entre las dos placas). Posteriormente, se aplica una fuerza que va aumentando progresivamente hasta que se fragmente por completo el ladrillo. La fuerza a la que se fragmenta el ladrillo se utiliza en la ecuación 1 para determinar a la resistencia a la compresión (RC).

El área total del ladrillo se determina a través de la siguiente ecuación.

$$AT = (B * H) - 2(r^2 * \pi) \quad (1)$$

Dónde:

**AT:** Es el área total del ladrillo (cm<sup>2</sup>)

**B:** es la base del ladrillo (cm)

**H:** es la altura del ladrillo (cm)

**r:** Es el radio de los orificios del ladrillo (cm)

**π:** Es la constante pi

$$RC = \frac{F}{AT} \quad (2)$$

Dónde:

**RC:** Es la resistencia a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)

**F:** Es la Fuerza aplicada al ladrillo (N).

Para convertir los valores de resistencia a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>) de los ladrillos, obtenidos utilizando la ecuación 1, a los valores establecidos (MPa) en la norma INEN 297 se multiplica por un factor de 0,0980665.

**Figura 11.** Prensa Hidráulica de 40 tons, modelo T54001



**Fuente:** Laboratorio de Electromecánica de la UTC.

Por otra parte, para el ensayo de resistencia a la compresión, realizado en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la EPN, se utilizó la prensa electrohidráulica marca (TINIUS OLSEN). En

la Figura 11 se puede apreciar una foto de este equipo. Para realizar este ensayo se siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente para la prensa hidráulica del laboratorio de electromecánica de la UTC; la única diferencia es que en este ensayo no se le colocan las placas para soportar el ladrillo, debido a que el equipo tiene incorporado las mismas.

**Figura 12.** Prensa electrohidráulica de marca (TINIUS OLSEN)



**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la EPN.

### **Resistencia de Flexión**

El ensayo de resistencia a la flexión, realizado en la prensa hidráulica del Laboratorio de Electromecánica de la UTC, se diferencia del ensayo a la compresión en que las 2 placas se colocan en los extremos del ladrillo, por ello se debe tomar en cuenta la distancia entre las 2 placas. Se aplica una fuerza perpendicular al ladrillo que va aumentando progresivamente hasta que se rompa. A la fuerza a la que se rompe el ladrillo se utiliza en la ecuación 1 para determinar la resistencia a la flexión.

Por otra parte, el ensayo de resistencia a la flexión, se realizó en la prensa electrohidráulica marca TINIUS OLSEN, modelo H75KS, del Laboratorio de Ingeniería Civil de la EPN. Para realizar el ensayo a la flexión se siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente para la prensa hidráulica del laboratorio de electromecánica de la UTC; la única diferencia es que en este ensayo no se le colocan las placas a los extremos del ladrillo, debido a que el equipo tiene incorporado las mismas.



**Figura 13.** Prensa electrohidráulica marca TINIUS OLSEN, modelo H75KS



**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Civil de la EPN.

#### 10.1.4 Determinación de la absorción de humedad del ladrillo ecológico

El ensayo de humedad de los ladrillos se realizó en el horno eléctrico del laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la UTC. En la Figura 13 se puede apreciar la foto del dicho horno. Para realizar el ensayo de humedad se colocó el ladrillo ecológico en el horno eléctrico, a una temperatura de 110°C, de acuerdo a lo establecido en la norma INEN 296. En la Figura 14 se muestra una foto del ladrillo en el horno eléctrico. A intervalos de 10 min se pesó el ladrillo y se dio por finalizado el proceso de secado al obtener una masa. El contenido de humedad de los ladrillos se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$H = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (3)$$

Dónde:

**H:** Humedad del ladrillo (%)

**M<sub>i</sub>:** Masa inicial de la muestra húmeda (lb)

**M<sub>f</sub>:** Masa final de la muestra seca (lb)

**Figura 13.** Colocación del ladrillo en el horno eléctrico



**Fuente:** Laboratorio de electromecánica de la UTC

### 10.1.5 Análisis del costo - beneficio del ladrillo ecológico

Para determinar el costo de producción de los ladrillos (puzolana, cangahua y barro) se calculó el costo de materia prima de cada tipo de ladrillo, mediante la sumatoria de los costos de cada uno de los componentes que componen el ladrillo. Posteriormente, se calcularon los gastos de la mano de obra empleada para la elaboración de los ladrillos. Para ello, se contrataron 3 trabajadores para elaborar 600 ladrillos en una jornada de 8 horas y a los que se les pago 10 dólares a cada uno por la jornada de trabajo. Finalmente, se determinó los costos indirectos de fabricación.

Para el cálculo del costo de producción de los ladrillos se utilizó la siguiente ecuación (Cano, 2014).

$$CPD = MPD + MOD + CIF \quad (4)$$

Dónde:

CPD: Es el costo de producción del ladrillo (\$).

MPD: Es el costo de la materia prima del ladrillo (\$).

MOD: Es mano de obra directa (\$).

CIF: Son los costos indirectos de fabricación (\$)

El costo de producción unitario se calculó a través de la siguiente ecuación (Cano, 2014):

$$\frac{CPD}{u} \quad (5)$$

Dónde:

U: unidades producidas

Para establecer el precio de venta se realiza la sumatoria de los costos de materia prima, gastos en sueldos, gastos operativos aplicando la siguiente ecuación (Cano Abel, 2014):

$$PV = \frac{P.COMPRA}{1-\%} \quad (6)$$

Dónde:

**PV:** Precio de venta. (\$)

**P. Compra:** Es la sumatoria de los costos de materias primas, sueldos y gastos operativos. (\$)

**1 -%:** El porcentaje de utilidad depende de los factores tales como la calidad del producto y de competencia (Cano, 2014). En este trabajo se estimó un coeficiente de utilidad del 30%.

Para determinar el costo beneficio se realiza la resta de los ingresos y egresos que se obtuvo para la realizar la elaboración de los ladrillos por lo que se aplicó la siguiente ecuación 7:

$$CB = I - E \quad (7)$$

Dónde:

**CB:** Costo beneficio del ladrillo (\$)

**I** = Ingresos (\$)

**E** = Egresos (\$)

## 10.2 TIPOS DE METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### **Investigación Aplicada**

El estudio en cuestión tiene como propósito determinar una característica importante en el ladrillo ecológico elaborado de material de suelo (Cangahua) con adiciones de cemento y PET, de tal manera que su uso sea factible y más conveniente que los ladrillos tradicionales, considerándolo como la mejor alternativa para realizar las construcciones de viviendas.

### **Investigación de Laboratorio**

Para el desarrollo de la investigación y la obtención de resultados se requiere elaborar los ladrillos ecológicos y diferentes porcentajes de adiciones de cemento, las mismas que son dosificadas y ensayadas en un laboratorio que preste las facilidades y equipo necesario para este fin.

### **Investigación Experimental**

La investigación es experimental debido a que se necesita ejecutar ensayos de compresión en diversas unidades de ladrillos ecológicos elaborados de cangahua con adiciones de cemento y PET, dosificadas cuidadosamente en laboratorio con varios porcentajes de cemento, determinando el porcentaje óptimo de cemento cuya influencia en la resistencia a la compresión del ladrillo a varias edades sea admisible. Estos son estudios poco analizados en el medio actualmente y con este informe se da paso a posibles perfeccionamientos y aplicaciones futuras.

## 10.3. DISEÑO BÁSICO METODOLÓGICO

### **Tipos de estudio**

**De campo.** Esta investigación se realizó en la Empresa FUDESMA, para identificar el proceso de elaboración de ladrillos ecológicos y conocer su nivel de producción diaria - mensual que se realiza en la máquina automatizada electrohidráulica.

**Empírico.** Se realizó la dosificación y mezcla de todos los materiales para cada tipo de ladrillo (cangahua con PET, puzolana, barro) para identificar su composición.

**Experimentales.** Se realizó ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la compresión de cada tipo de ladrillo (cangahua con PET, puzolana, barro, tradicional) para dar cumplimiento con la norma INEN 297.

## 10.4 TÉCNICAS

Tomando en cuenta la recopilación, jerarquía y análisis de la información que se ha obtenido y acudiendo a las técnicas en el procesamiento de datos.

### 10.4.1 Observación directa

En la empresa FUDESMA se realizó continuas visitas donde se pudo observar todo el proceso de elaboración de ladrillos ecológicos, recopilando información para encontrar los problemas existentes y aplicar las debidas medidas correctivas.

### 10.4.2 Entrevista

Por medio de dicha herramienta se obtuvo información necesaria para realizar el seguimiento de cada uno de los parámetros que se presentan en el proceso de elaboración, tomando en cuenta las respuestas a cada una de las interrogantes sobre el tema.

## 10.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

**Tabla 10.** Técnicas e Instrumentos

	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Proceso de elaboración de ladrillos Costo de producción y venta	Observación directa	Hojas de registros
Gerente. Néstor Gómez Ing. Mercedes Villacis Ing. Jonathan Granja	Entrevista	Guía de entrevista

**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La empresa FUEDESMA está ubicada en la Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, Barrio la Calera, se dedica a la fabricación de ladrillos tipo lego, acanalado ( tipo U) y macizo. Los materiales que utilizan son cangahua, cascajo, puzolana y barro. Su sistema de producción es en lotes, ya que se crea una pequeña cantidad de productos idénticos, en el cual se introduce plantillas y modelos que agilizan la producción, requiere un pequeño número de operaciones poco especializadas, las cuales son realizadas por los mismos trabajadores que se hacen cargo de todo el proceso.

Los ladrillos ecológicos que elaboran no cuentan con certificados de resistencias, precio de venta definido, y su producto no es conocido en el mercado.

Se elaboraron ladrillos ecológicos (cangahua con PET, puzolana, barro) para realizar muestras para el análisis de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión de acuerdo a los parámetros de calidad de la normativa INEN 297.

Se realizó el costo beneficio, costo de producción, costo de venta de los ladrillos ecológicos con otras alternativas para promover su venta y adquisición.

### 11.1 Máquina automatizada electrohidráulica

En la máquina electrohidráulica se elaboró ladrillos ecológicos (cangahua con PET, puzolana, barro). En la Figura 14 se aprecia los ladrillos elaborados en la máquina.

**Figura 14.** Ladrillos elaborados en la máquina automatizada electrohidráulica



**Fuente:** Empresa FUEDESMA

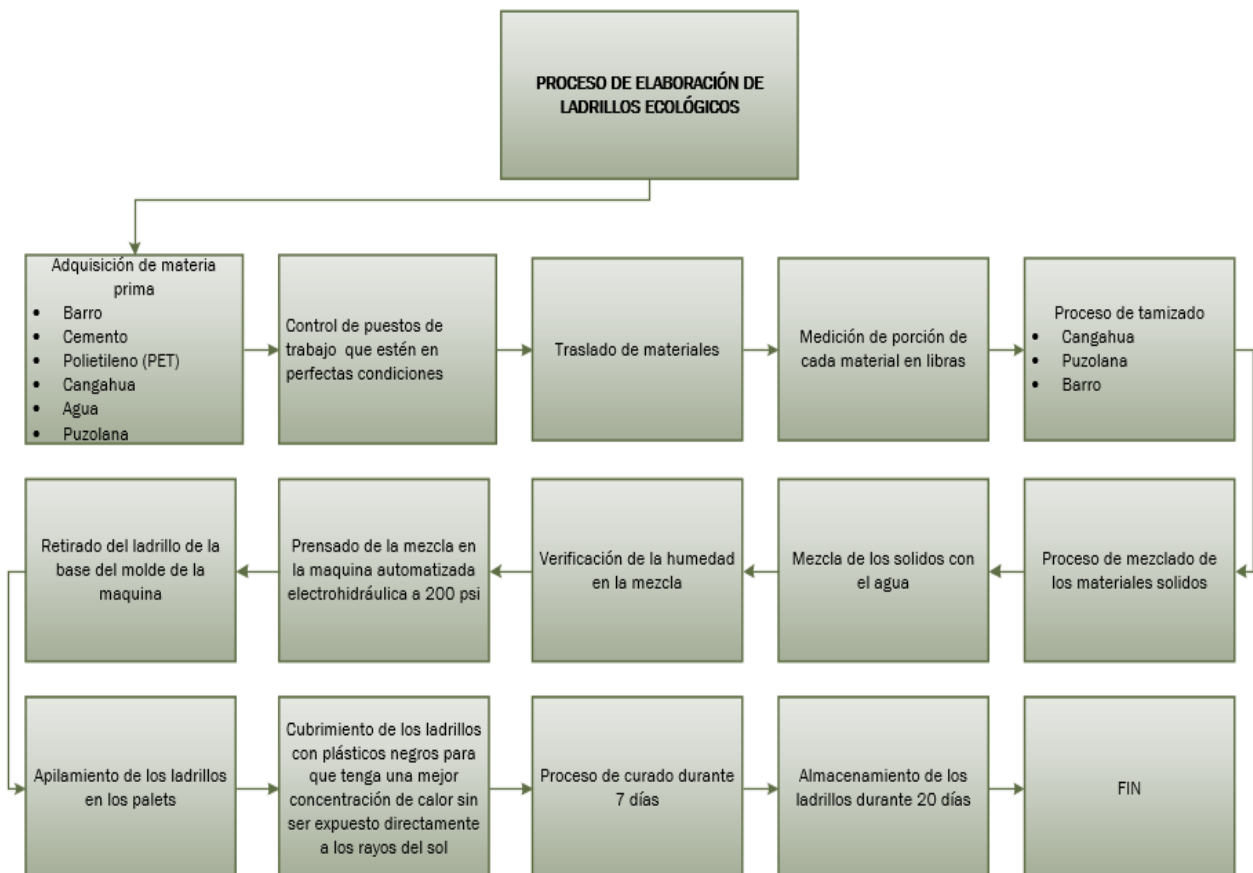
En la Tabla 11 nos detalla que la máquina automatizada electrohidráulica es operada por 3 trabajadores, los cuales tienen una producción semanal de 3000 ladrillos y una producción mensual de 12000 ladrillos.

**Tabla 11.** Producción semanal - mensual de la elaboración de ladrillos ecológicos

<b>MÁQUINA AUTOMATIZADA ELECTROHIDRÁULICA</b>			
<b>Realizada por 3 trabajadores</b>	<b>Producción diaria</b>	<b>Producción semanal</b>	<b>Producción Mensual</b>
Día 1	600		
Día 2	600	3000	12000
Día 3	600		
Día 4	600		
Día 5	600		

Fuente: Registro de la empresa FUDESMA

### Proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos

**Grafico 1.** Proceso de elaboración del ladrillo ecológico.

**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

## 11.2 Resistencias mecánicas del ladrillo ecológico y ladrillo tradicional

Los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión en los Laboratorios de Ingeniería Electromecánica de la UTC e Ingeniería Civil y Mecánica de la EPN se obtuvieron los siguientes resultados:

### Resistencia a la compresión:

En la Tabla 12 se describen las resistencias de compresión de cada ladrillo de acuerdo a la Normativa INEN 297, del cual el ladrillo ecológico de Cangahua y PET cumple con los requisitos establecidos por la norma antes dicha.

**Tabla 12.** Comparación de resistencias a la compresión de ladrillos en base a componentes utilizados para su fabricación de acuerdo a la norma INEN 297.

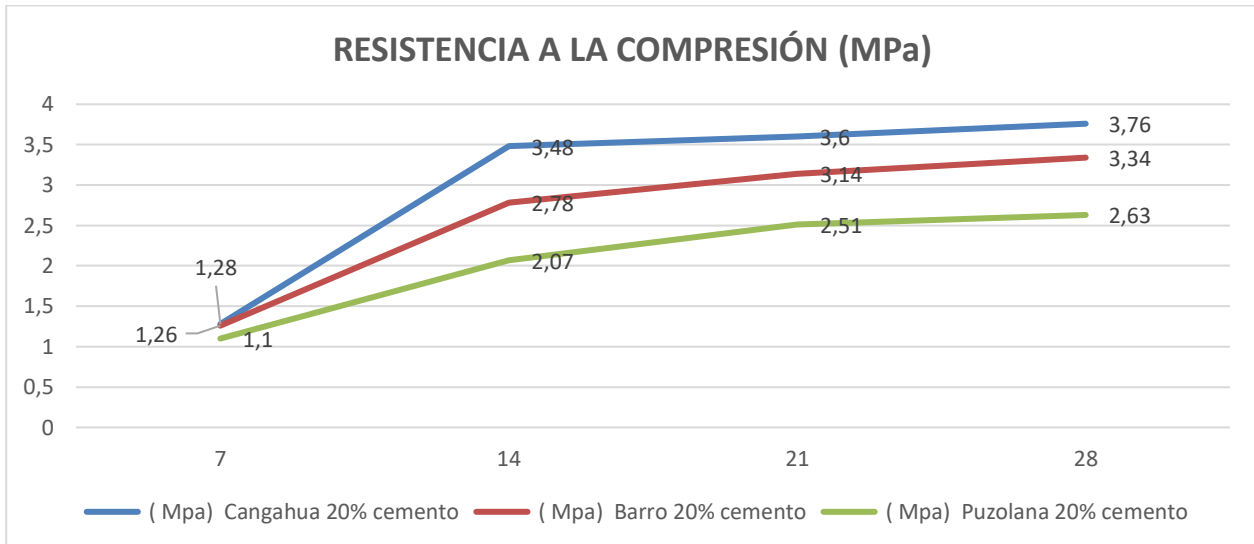
Tipos de ladrillos	Dimensión	Edad del ladrillo ( días)	Resistencia a la compresión (MPa)	Norma INEN 297 - Resistencia de compresión	Variación de %
Ladrillo ecológico cangahua y PET	300x150x85	28	3,76	Hueco tipo D – 3 MPa	25,33%
Ladrillo ecológico puzolana	300x150x85	28	2,63	Hueco tipo E – 2 MPa	12,33%
Ladrillo ecológico Barro	300x150x85	28	3,35	Hueco tipo F – 3 MPa	11,66%
Ladrillo tradicional quemado	370x180x80	28	2,64		12%

**Fuente:** Universidad Técnica de Cotopaxi

En el grafico 2 se observa que el ladrillo de cangahua tiene una resistencia a la compresión (3,76 MPa) mayor en el transcurso de los días en comparación con los de puzolana y barro. Esto se debe ya que la cangahua tiene un índice de plasticidad del 9%, y la puzolana no tiene un índice de

plasticidad y el barro tiene menos plasticidad (8%) ya que es mayormente granulado por lo que necesita de la tierra para que no se fragmente el ladrillo.

**Grafico 2.** Curva de resistencia a la compresión de ladrillos ecológicos elaborados de cangahua, puzolana, barro con el 20% de cemento adicionado vs. Edad de ladrillo.



**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

En la Tabla 13 se muestra los resultados de los ensayos de compresión de los ladrillos de puzolana, cangahua con PET y ladrillo quemado de acuerdo la norma INEN 297.

**Tabla 13.** Resistencia a la compresión (MPa) de los diferentes tipos de ladrillos

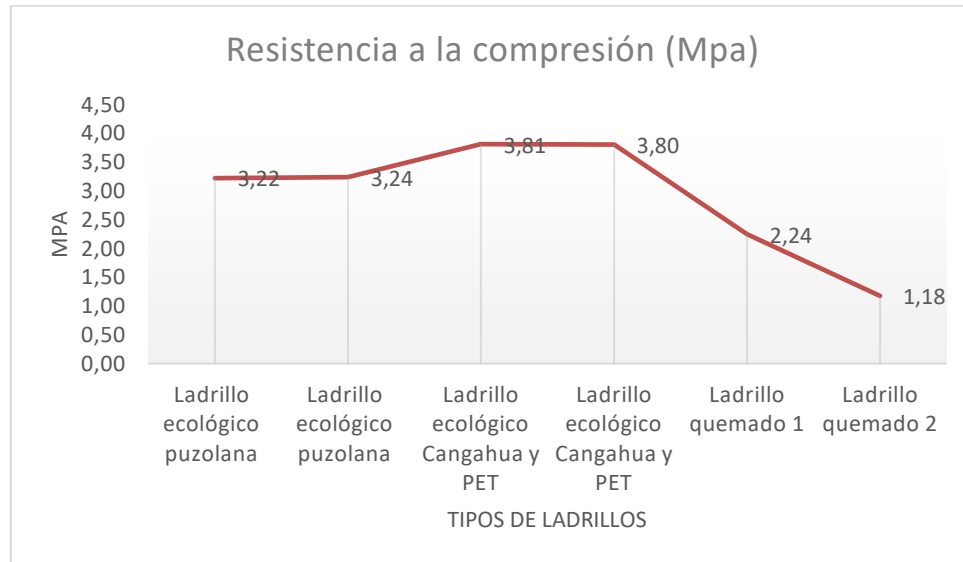
Resultados del ensayo de compresión				
Tipos de ladrillos	Área ladrillo cm <sup>2</sup>	Carga máxima registrada Kgf	Resistencia de compresión	
			kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
Ladrillo ecológico puzolana	389,64	12813,98	32,89	3,22
Ladrillo ecológico puzolana	389,64	12859,34	33,00	3,24
Ladrillo ecológico Cangahua y PET	389,64	15149,99	38,88	3,81
Ladrillo ecológico Cangahua y PET	389,64	15104,63	38,77	3,80
Ladrillo quemado 1	666	15240,7	22,88	2,24
Ladrillo quemado 2	666	7983,23	11,99	1,18

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional



En el grafico 3 se muestra que el ladrillo ecológico a base de PET, tiene una resistencia a la compresión de (3,81 MPa), mayor que del ladrillo de puzolana y ladrillo quemado.

**Grafico 3.** Resistencia a la compresión de los ladrillos (cangahua con PET, puzolana, quemado).



Fuente: Escuela Politécnica Nacional

### Resistencia a la flexión:

**Tabla 14.** Comparación de resistencias a la flexión de ladrillos en base a componentes utilizados para su fabricación de acuerdo a la norma INEN 297.

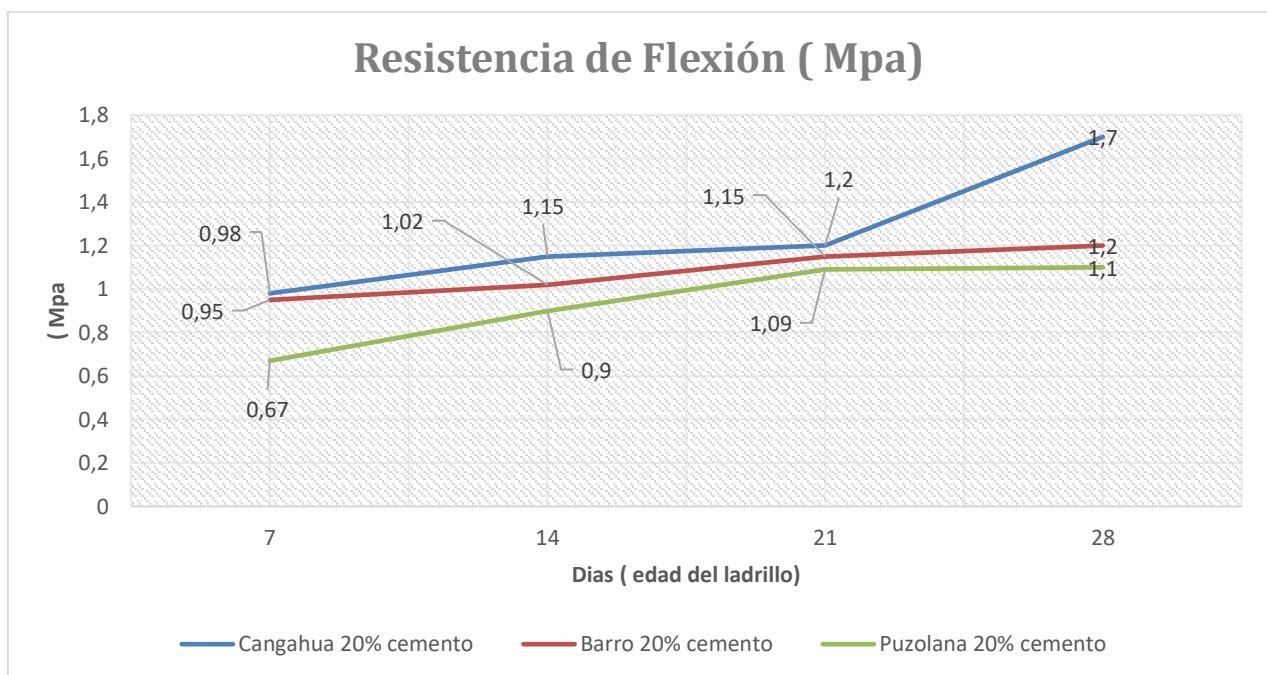
Tipos de ladrillos	Dimensión	Edad del ladrillo ( días)	Resistencia de Flexión (Mpa)	Norma INEN 297 - Resistencia de Flexión	Variación de %
Ladrillo ecológico cangahua con PET	300x150x85	28	1,7	Hueco tipo D – 2 Mpa	15%
Ladrillo ecológico puzolana	300x150x85	28	1,1	Hueco tipo E – 2 Mpa	45%
Ladrillo ecológico Barro	300x150x85	28	1,2	Hueco tipo F – 1 Mpa	40%
Ladrillo tradicional quemado	370x180x80	28	1,08		46%

Fuente: Universidad Técnica de Cotopaxi

En el Grafico 4 se observa que la resistencia a la flexión (1,70 Mpa) del ladrillo de cangahua con PET es mayor, esto se debe porque es una roca blanda muy resistente por lo cual es apto para la

construcción y tiene una resistencia al corte la misma que varía entre  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  y  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ , y la cohesión de la cangahua están en el orden de  $1 \pm 0.5 \text{ kg/cm}^2$ . Mientras que el ladrillo de barro tiene una resistencia de flexión (1,20 Mpa) es una mezcla de limo, arcilla y materia orgánica, ya que es mayormente granulado por lo que necesita de la tierra para que no se fragmente el ladrillo. También la puzolana tiene una resistencia de flexión (1,10 Mpa) ya que su aspecto físico blanquecino en la superficie que podría deberse a la reacción química con el agua, además, se apreció que el material del ladrillo tenía pequeñas disgregaciones que podrían afectar en su resistencia a flexión.

**Grafico 4.** Curva de resistencia a la flexión de ladrillos ecológicos elaborados de cangahua, puzolana, barro con el 20% de cemento adicionado vs. Edad de ladrillo.



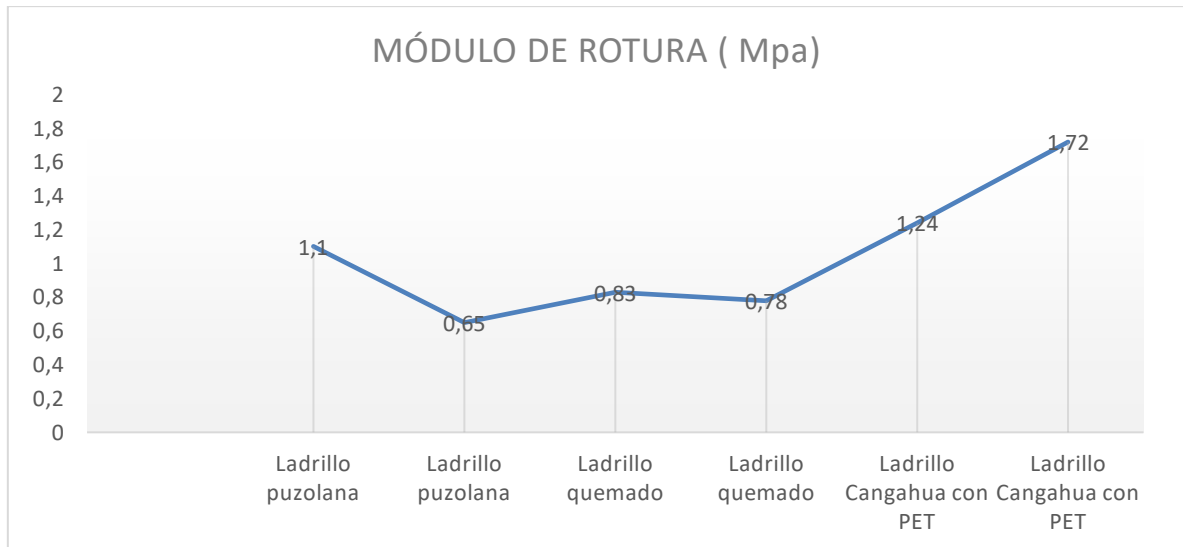
**Fuente:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Tabla 15.** Comparación de resistencias a la flexión de ladrillos en base a componentes utilizados para su fabricación de acuerdo a la norma INEN 297.

N°	CODIGO IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES ENSAYO			DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	CARGA DE ROTURA (N)	MÓDULO DE ROTURA ( Mpa)
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)			
1	B1	305,5	150,5	83,5	147,5	5197,52	1,1
2	B2	305	150	81,5	148,5	2890	0,65
3	C1	303,5	150	76	147,5	3260	0,83
4	C2	307	153,5	78,5	149	3310	0,78
5	N1	310,5	125,5	90	148,5	5680	1,24
6	N2	318,5	131	90,5	148	8290	1,72

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional

**Grafico 5.** Curva de resistencia a la flexión de ladrillos ecológicos elaborados de cangahua, puzolana, tradicional.

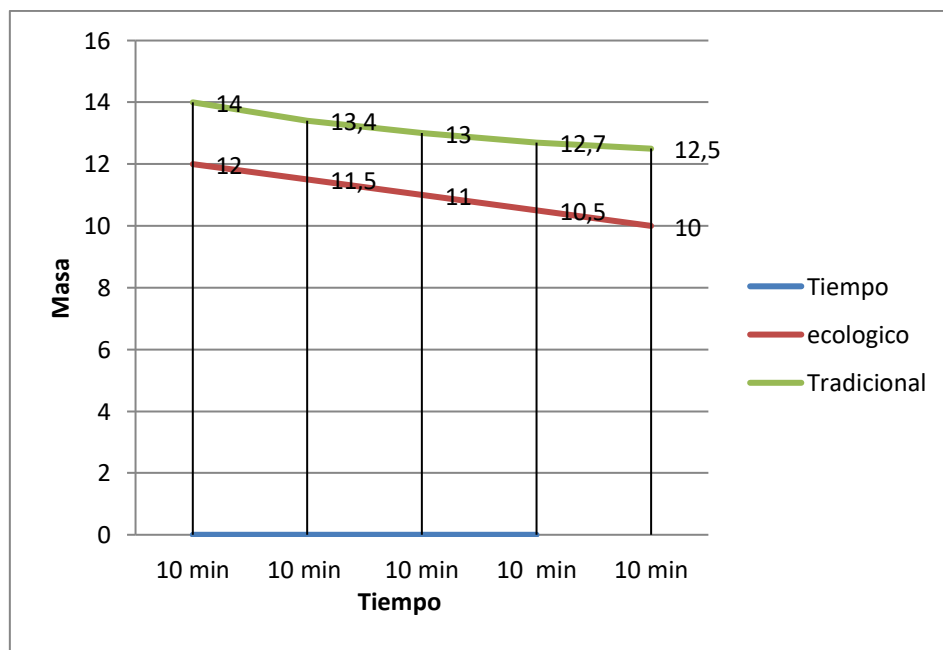


**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional

### 11.3 Humedad del ladrillo ecológico y ladrillo tradicional

En el grafico 6 se muestra el tiempo de secado y la pérdida de masa del ladrillo ecológico y tradicional

**Grafico 6.** Ensayo de humedad del Ladrillo ecológico y Ladrillo tradicional



**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

### Ladrillo ecológico

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \text{ 88}$$

$$\% \text{ humedad} = 16,66\%$$

### Ladrillo tradicional

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = 10,71\%$$

## 11.4 Costo - beneficio del ladrillo ecológico con otras alternativas

### 11.4.1 Costo de producción de los ladrillos

En la Tabla 16 se muestra el costo de producción del ladrillo ecológico con el costo diario y costo mensual en la elaboración del ladrillo ecológico tipo lego (Cangahua y PET) tomando en cuenta el costo de la materia prima, costo de mano de obra y costos indirectos de fabricación del cual sale un costo unitario de producción de 0,27 centavos cada ladrillo.

**Tabla 16.** Costo de producción del ladrillo ecológico (Cangahua y PET)

LADRILLO ECOLOGICO CANGAHUA Y PET			
		Costo Diario	Costo Mensual
<b>COSTO MATERIA PRIMA (600 ladrillos)</b>			
Cemento	\$ 75,43	\$ 132,41	\$ 2.648,23
Cangahua	\$ 13,71		
PET	\$ 42,86		
Agua	\$ 0,41		
<b>COSTO MANO DE OBRA (3 trabajadores)</b>			
Trabajador 1	\$ 10,00	\$ 30,00	\$ 600,00
Trabajador 2	\$ 10,00		
Trabajador 3	\$ 10,00		
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN</b>			
Gasto energético (kWh)	\$ 0,17	\$ 1,36	\$ 27,20
Mantenimiento	\$ 15,45	N/A	\$ 61,80
<b>TOTAL</b>		\$ 163,77	\$ 3.337,23
<b>COSTO UNITARIO DEL LADRILLO</b>		\$ 0,27	

**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

En la Tabla 17 se muestra el costo de producción del ladrillo ecológico con el costo diario y costo mensual en la elaboración del ladrillo ecológico de puzolana tomando en cuenta el costo de la materia prima, costo de mano de obra y costos indirectos de fabricación del cual sale un costo unitario de producción de 0,27 centavos cada ladrillo.

**Tabla 17.** Costo de producción del ladrillo ecológico (puzolana)

<b>LADRILLO ECOLOGICO PUZOLANA</b>			
		<b>Costo Diario</b>	<b>Costo Mensual</b>
<b>COSTO MATERIA PRIMA (600 ladrillos)</b>			
Cemento	\$ 88,00	\$ 129,43	\$ 2.588,60
Puzolana	\$ 41,14		
Agua	\$ 0,29		
<b>COSTO MANO DE OBRA (3 trabajadores)</b>			
Trabajador 1	\$ 10,00	\$ 30,00	\$ 600,00
Trabajador 2	\$ 10,00		
Trabajador 3	\$ 10,00		
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN</b>			
Gasto energético (kWh)	\$ 0,17	\$ 1,36	\$ 27,20
Mantenimiento	\$ 15,45	N/A	\$ 61,80
<b>TOTAL</b>		\$ 160,79	\$ 3.277,60
<b>COSTO UNITARIO DEL LADRILLO</b>		\$ 0,27	

Elaborado: Erika Reinoso, Luis Vergara

En la Tabla 18 se muestra el costo de producción del ladrillo ecológico con el costo diario y costo mensual en la elaboración del ladrillo ecológico barro tomando en cuenta el costo de la materia

**Tabla 18.** Costo de producción del ladrillo ecológico (Barro)

<b>LADRILLO ECOLOGICO BARRO</b>			
		<b>Costo Diario</b>	<b>Costo Mensual</b>
<b>COSTO MATERIA PRIMA (600 ladrillos)</b>			
Cemento	\$ 102,67	\$ 137,15	\$ 2.743,00
Puzolana	\$ 34,00		
Agua	\$ 0,48		
<b>COSTO MANO DE OBRA (3 trabajadores)</b>			
Trabajador 1	\$ 10,00	\$ 30,00	\$ 600,00
Trabajador 2	\$ 10,00		
Trabajador 3	\$ 10,00		
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN</b>			
Gasto energético (kWh)	\$ 0,17	\$ 1,36	\$ 27,20
Mantenimiento	\$ 15,45	N/A	\$ 61,80
<b>TOTAL</b>		\$ 168,51	\$ 3.432,00
<b>COSTO UNITARIO DEL LADRILLO</b>		\$ 0,28	

Elaborado: Erika Reinoso, Luis Vergara.

#### 11.4.2 Determinación del precio del ladrillo ecológico para su venta a los clientes

<b>MATERIA PRIMA ( 600 Ladrillos)</b>	\$ 132,41
<b>SUELDO X HORA ( 3 Trabajadores)</b>	\$ 3,75
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN</b>	\$ 1,36
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 137,52</b>

$$PV = \frac{P.COMPRA}{1-30\%}$$

$$PV = \frac{137,52}{1 - 0,30}$$

$$PV = \frac{196,45}{600 \text{ Ladrillos}}$$

$$PV = \$ 0,32$$

Se utilizó el coeficiente del 30% debido a la proyección de la construcción del Ecuador (ASTM C595)

### 11.5 Costo beneficio de los ladrillos ecológicos

#### Ladrillo ecológico (Puzolana)

**Costo de venta:** \$ 0,32

**Costo de venta diaria (600):** \$ 192

**Ingresos (12000 ladrillos):** \$ 3.840

**Egresos:** \$3.277,60

$$CB = I - E$$

$$CB = 562,40$$

#### Ladrillo ecológico (PET)

**Costo de venta:** \$ 0,32

**Costo de venta diaria (600):** \$ 192

**Ingresos (12000 ladrillos):** \$ 3.840

**Egresos:** \$3.337,23

$$CB = I - E$$

$$CB = 502,77$$

#### Ladrillo ecológico (barro)

**Costo de venta:** \$ 0,33

**Costo de venta diaria (600):** \$ 198

**Ingresos (12000 ladrillos):** \$ 3.960

**Egresos:** \$ 3.432

$$CB = I - E$$

$$CB = 528$$

### **Costes de construcción con el ladrillo ecológico**

- Disminución del tiempo de construcción en un 30% con relación a la albañilería convencional esto se debe a su diseño de encajamiento modular.
- Economía en el costo final hasta de un 40% en las paredes de los ladrillos ecológicos en relación con los ladrillos tradicionales.
- Economía del 100% en enlucir las paredes, debido a su perfecto acabado.
- Economía de 100% en el uso de madera para el encofrado de columnas, pilares y vigas.
- Se necesita 3000 ladrillos para una vivienda de 6 x 6 m<sup>2</sup>, con un costo total de \$ 960.

## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **12.1 Impacto técnico**

Dentro de la investigación realizada se pudo observar, que la empresa FUEDESMA no se ha realizado ensayos de resistencia de sus ladrillos y no cuentan con un costo de venta fijo. Por lo que realizaremos un costo beneficio del producto de la empresa FUEDESMA y se ejecutara ensayos de resistencia de compresión y flexión certificados. Además se incluirá los ladrillos tipo lego de cangahua y PET.

### **12.2 Impacto ambiental**

A nivel ambiental se eliminará el uso de material combustible debido a que no se utiliza la cocción en la elaboración del ladrillo ecológico reduciendo un 100% el porcentaje de emanación de gases tóxicos que afecta en los cambios climáticos a nivel mundial y afectando a la salud del ser humano.

### **12.3 Impacto económico**

A nivel económico en la elaboración del ladrillo a partir de sus materias primas al momento de la adquisición será más factible porque esta se pueden adquirir en grandes cantidades, y con su diseño de tipo lego permite agilizar el tiempo de construcción en un 40 %, tiene un acabado perfecto por lo que no se utiliza mucho cemento al acoplar los ladrillos, y no se necesita enlucir las paredes por lo que existe un ahorro del 100% , esto permite disminuir los gastos en la construcción de una vivienda.

## 12.4 Impacto Social

Mediante la elaboración de ladrillos ecológicos, las empresas dedicadas a la fabricación de ladrillos y construcción, generaran fuentes de trabajo en el sector rural del cantón Latacunga, y comercializaran sus productos a nivel local y nacional, generando un desarrollo y dinamismo económico en su sector. Es por ello que acorde a los impactos sociales, las empresas necesitan implementar este ladrillo ecológico para garanticen los aspectos vinculados con los requisitos de calidad.

## 13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

**Tabla 19.** Presupuesto para la elaboración de ladrillos ecológicos a bases de PET

RECURSOS	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN			
	Cantidad	Unidad	V. Unitario	Valor Total
<b>COSTOS DIRECTOS</b>			\$	\$
<b>Materia Prima</b>				
Cemento (120 ladrillos)	242 lb	12 lb	\$ 0,88	\$ 18,00
Puzolana (40 ladrillos)	354 lb	62 lb	\$ 0,48	\$ 2,74
Barro (40 ladrillos)	413 lb	62 lb	\$ 0,34	\$ 2,27
Cangahua (40 ladrillos)	343 lb	60 lb	\$ 0,16	\$ 0,91
PET (40 ladrillos)	23 Lb	4 lb	\$ 0,50	\$ 2,88
Agua	171 lt	10 lt	\$ 0,00	\$ 0,08
<b>Equipos de ensayos</b>				
Ensayo de resistencia de compresión	6 ladrillos	1 ladrillo	\$ 5,50	\$ 36,95
Ensayo de resistencia de compresión	6 ladrillos	1 ladrillo	\$ 8,50	\$ 51,00
Ensayo de humedad (horno eléctrico)	2 ladrillos	1 ladrillo	\$ -	\$ -
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 114,83</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>Transporte y salida de campo</b>				



Viajes que se ha realizado a la Escuela Politécnica Nacional.	3 viajes	1 viaje	\$ 9,85	\$ 29,55
Viajes que se ha realizado a la Universidad Técnica de Ambato.	5 viajes	1 viaje	\$ 3,12	\$ 15,60
Viajes que se ha realizado a la Universidad Técnica de Cotopaxi	140 viajes	1 viaje	\$ 0,60	\$ 84,00
Viajes que se ha realizado a la Empresa FUDESMA.	15 viajes	1 viaje	\$ 0,60	\$ 25,00
Viajes que se ha realizado a las ladrilleras de Latacunga.	2 viajes	1 viaje	\$ 0,60	\$ 1,20
<b>Materiales y suministros</b>				
Esferos	4	1	\$ 0,30	\$ 1,20
Cuadernos	2	1	\$ 1,50	\$ 3,00
<b>Material Bibliográfico y fotocopias.</b>				
Internet	4 horas	1 hora	\$ 0,60	\$ 2,40
Copias	30	1	\$ 0,02	\$ 0,60
Empastados	2	1	\$ 15,00	\$ 30,00
Impresiones	472	1	\$ 0,05	\$ 23,60
<b>Gastos Varios</b>				
Almuerzos	<b>80</b>	<b>1</b>	\$ 2,25	\$ 135,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 351,75</b>
		<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 466,58</b>
		<b>12%</b>		\$ 52,98
		<b>TOTAL</b>		<b>\$ 522,56</b>

Elaborado: Erika reinoso, Luis Vergara

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **14.1 CONCLUSIONES**

- Al realizar el estudio en la empresa FUDESMA se pudo constatar que no existen las porciones exactas de los componentes para la elaboración de los ladrillos ecológicos y no se realiza las mediciones de flexión y compresión de los ladrillos unas veces construidas.
- Los criterios establecidos para la fabricación del ladrillo están basados en la normativa INEN 297 que establecen entre los aspectos más importantes la resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos entre otros.
- Se constató que la resistencia a la compresión se incrementa dependiendo de la edad del ladrillo de 3,81 Mpa con el 20 % y la resistencia a la flexión se incrementó en el ladrillo de Cangahua y PET el que alcanzó un valor de 1,72 Mpa con el 20 % de cemento añadido.
- El precio del ladrillo ecológico es de \$ 0,32ctvs y tiene la ventaja respecto al tradicional de agilizar la construcción y se consume menor cantidad de materiales.
- El ladrillo ecológico a base de PET, contribuye al medio ambiente ya que no se utiliza el proceso de cocción en su elaboración, por lo que se eliminara los gases tóxicos en un 100% esto permite la disminución de la contaminación ambiental y la deforestación.

### **14.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda elaborar una normativa de calidad que establezca los parámetros para la fabricación de los ladrillos ecológicos propuestos en la investigación.
- Para poder lograr que un ladrillo sea factible es recomendable utilizar las porciones establecidas en los ensayos para sus resistencias, ya que si se alteran podría haber fallas en su nivel de calidad.
- Se debe continuar con las evaluaciones de características técnicas en este tipo de ladrillos al ser sometidos a eventos adversos temblores, terremotos y sismos; sobre todo su vida útil.

### **TRABAJOS A FUTURO**

- Realizar las curvas de resistencia mecánicas del ladrillo ecológico en laboratorios certificados del Ecuador.

- Se propone realizar ladrillos ecológicos con una nueva matriz.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Aquarium, T. O. (s.f.). *Two Oceans Aquarium*. Recuperado el 12 de Mayo de 2017, de <https://www.aquarium.co.za/blog/entry/how-to-make-ecobricks-reducing-waste-at-home>
- Barreta, H. (2008). *Ladrillos de plastico reciclado*.
- Cano Morales, A. M. (2014). *Contabilidad Gerencial y presupuestaria*.
- Ecoprensas. (s.f.). *Ecoprensas*. Recuperado el 2 de Julio de 2017, de <https://www.ecoprensas.biz/2017/03/27/como-construir-con-ladrillos-ecologicos/>
- Farias, J. A. (2014). *Ecobricks*. Recuperado el 23 de Abril de 2017, de <https://ladriarg-el-bajo.blogspot.com/>
- Harlow, R. (2003). *Experimentos Y Hechos Ecologicos*.
- INEN297. (2016). *Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que debe cumplir los ladrillos*.
- Maquinas, E. (2015). *Eco Maquinas*. Recuperado el 28 de Marzo de 2017, de <https://ecomaquinas.com.br/index.php/esp/tijolo-ecologico-com>
- Paz, M. (2016). *Elcolombiano*. Recuperado el 23 de Abril de 2017, de <http://www.elcolombiano.com/antioquia/maquina-paisa-acelera-la-produccion-de-ecoladrillos-DX7541984>
- Ronquillo, J. (2017). *Contaminación Ambiental*. Latacunga.
- Sánchez Ortiz , J. (2015). *enbuenasmanos.com*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2017, de <http://www.enbuenasmanos.com/ladrillos-ecologicos>
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional Buen Vivir . Plan Nacional Buen Vivir*.
- Suarez, A., & Urgiles, M. (2015). *Caracterización de la ceniza volcánica del Tungurahua para la fabricación de un aglomerante Cal- puzolana*. ECU.

Suarez, P. (2015). *Horizon documentation*. Obtenido de [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/divers2/010012918.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010012918.pdf)

UNESCO. (2017). *www.puce.edu.ec/intranet/documentos/PISP/PISP*. Obtenido de <https://www.puce.edu.ec/intranet/documentos/PISP/PISP-Areas-Subareas-Conocimiento-UNESCO-Manual-SNIESE-SENESCYT.pdf>

UTC. (2017). *Ingenieria Industrial Sub linea administracion y gestión de producción*. Latacunga.

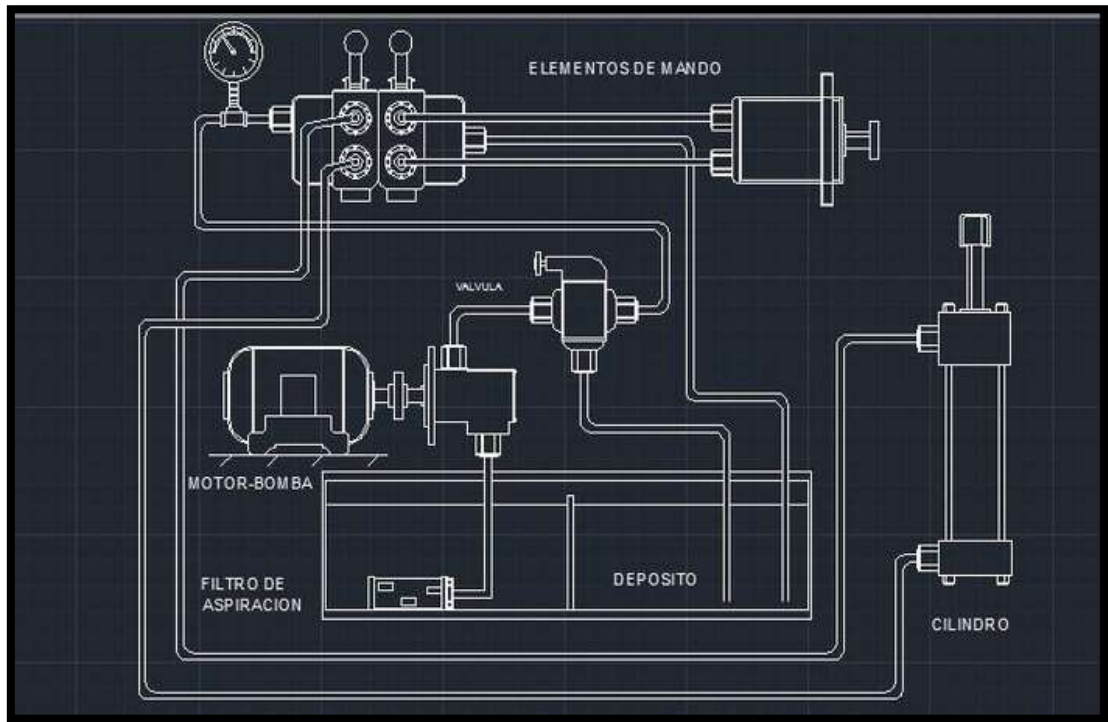
UTC. (2017). *Lineas de Investigacion*. Latacunga.

Veintimilla, J. (2016). *Salon hogar*. Obtenido de [http://www.salohogar.com/est\\_soc/mundo/](http://www.salohogar.com/est_soc/mundo/)

Viera, d. (2016). *Academica Unavarra*. Obtenido de <http://academica-e.unavarra.es/handle/2454/4504>

# ANEXOS

**Anexo 4.** Sistema hiraulico de la máquina automatizada electrohidraulica



**Elaborado:** Erika Reinoso, Luis Vergara

**Anexo 5.** Partes de la maquina

	<b>Partes</b>	<b>Material</b>
1	Base 1 de la prensa	Angulo estructural 50x50 / 4mm de espesor
2	Base 2 de la prensa	Angulo estructural 50x50 / 4mm de espesor
3	Travesaño de la base	Angulo estructural 31,75 mm x 3,18 mm de espesor
4	Soporte vertical	Angulo estructural 40x40 / 4mm de espesor
5	Columna Lateral del cuerpo	Perfil estructural rectangular 30x20
6	Columna central del cuerpo	Perfil estructural rectangular 30x20
7	Travesaño inferior	Perfil estructural rectangular 30x20
8	Travesaño superior 1	Perfil estructural rectangular 30x20
9	Travesaño superior 2	Perfil estructural rectangular 30x20
9	Brazo de sustentación de la tolva	Perfil estructural rectangular 30x20
10	Brazo de refuerzo de la tolva	Perfil estructural rectangular 30x20
11	Soporte de la base de deslizamiento	Angulo estructural 50x50 / 4mm de espesor

12	Base de deslizamiento	Angulo estructural 50x50 / 4mm de espesor
13	Guía de la caja de alimentación	Angulo estructural 31,75 mm x 3,18 mm de espesor
14	Tope de la caja de alimentación	Angulo estructural 40x40 / 4mm de espesor
15	Brazo de fijación de la tapa	Perfil estructural rectangular 30x20
16	Brazo de fijación vertical de la tapa	Perfil estructural rectangular 30x20
17	Tubo de apoyo de la palanca	Perfil estructural rectangular 30x20
18	Barra roscada de regulación	Perfil estructural rectangular 30x20
19	Pata de la tolva	Perfil estructural rectangular 30x20
20	Extensión de la pata de la tolva	Perfil estructural rectangular 30x20
21	Cinta inferior de la tolva	Perfil estructural rectangular 30x20
22	Lateral 1 de la tolva	Angulo estructural 50x50 / 4mm de espesor
23	Lateral 2 de la tolva	Angulo estructural 50x50 / 4mm de espesor
24	Lateral 3 de la tolva	Angulo estructural 31,75 mm x 3,18 mm de espesor

Fuente: Empresa FUEDSMA

#### Anexo 6. Bodega de ladrillos secados



Fuente: Empresa FUEDSMA



**Anexo 7.** Adquisición de materia prima



**Fuente:** Empresa FUEDSMA.

**Anexo 8.** Peso de las porciones de cada material



**Fuente:** Empresa FUEDSMA

**Anexo 9.** Mezcla de los materiales



**Fuente:** Empresa FUEDSMA

**Anexo 10.** Humedecer la mezcla



**Fuente:** Empresa FUDESMA

**Anexo 11.** Curado de los ladrillos ( 7 días)



**Fuente:** Empresa FUDESMA

**Anexo 12.** Almacenaje de Ladrillos



**Fuente:** Empresa FUDESMA

**Anexo 13.** Pesaje de Ladrillos antes del Ensayo



**Fuente:** Laboratorio de Electromecánica de la UTC

**Anexo 14.** Ensayo de Resistencia a la Compresión



**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Civil de la UTA

**Anexo 15.** Horno eléctrico – ensayos de humedad.



**Fuente:** Laboratorio de Electromecánica de la UTC

**Anexo 16.** Máquina para ensayos de compresión



**Fuente:** Laboratorio de mecánica de la EPN

**Anexo 17.** Medición de compresión del ladrillo ecológico de puzolana



**Fuente:** Laboratorio de mecánica de la EPN

**Anexo 18.** Medición de compresión del ladrillo ecológico de cangahua con PET



**Fuente:** Laboratorio de mecánica de la EPN

**Anexo 19.** Medición de compresión del ladrillo tradicional



**Fuente:** Laboratorio de mecánica de la EPN

**Anexo 20.** Medición de compresión en Prensa hidráulica de 40 tons T54001



**Fuente:** Laboratorio de Electromecánica de la UTC

**Anexo 21.** Medición de flexión en Prensa hidráulica de 40 tons T54001



**Fuente:** Laboratorio de Electromecánica de la UTC

**Anexo 22: Ladrillo Tradicional**



**Fuente:** La Laguna ( ladrilleras)