UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE PLÁSTICOS PET REUTILIZADOS Y ASERRÍN DE LA ESPECIE HUAYRURO *(ORMOSIA COCCINEA)* DE LAS INDUSTRIAS MADERERAS EN UCAYALI, PERÚ

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

LINDA ALMENDRA CHINO RUIZ

ALESSANDRA CAROLINA MATHIOS CASTRO

PUCALLPA-PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 117

En el auditorio de la facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, siendo las 11:55 a.m. del día jueves 05 de Febrero del 2020, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, nombrado con memorando **MULT-030-2020-UNU-FCFyA-CGT** conformado por los siguientes docentes:

Dr. Carlos Panduro Carbajal	**Presidente**
Dr. Marco Antonio Chota Isuiza	**Miembro**
Eco. José Manuel Cárdenas Bernaola	**Miembro**

Para evaluar la sustentación de tesis: "**ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE PLÁSTICOS PET REUTILIZADOS Y ASERRÍN DE LA ESPECIE HUAYRURO *(Ormosia coccinea)* DE LAS INDUSTRIAS MADERERAS EN UCAYALI, PERÚ**", presentado por las Bachilleres **LINDA ALMENDRA, CHINO RUIZ y ALESSANDRA CAROLINA, MATHIOS CASTRO.**

Terminada la sustentación se procedió a las preguntas por parte de los miembros del jurado evaluador, siendo absueltas por las sustentantes, por lo que el jurado evaluador APROBÓ la Tesis por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **MUY BUENO**. En consecuencia, las sustentantes están APTAS para obtener el Título de Ingeniero Ambiental. El asesor de la tesis fue el Ing. Mg. Fermín Campos Solorzano.

Siendo las 12:55 a.m. se dio por concluido el acto académico.

Dr. Carlos Panduro Carbajal
PRESIDENTE

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza
MIEMBRO

Eco. José Cárdenas Bernaola
MIEMBRO

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el jurado evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Carlos Panduro Carbajal

Presidente

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza

Miembro

Eco. José Manuel Cárdenas Bernaola

Miembro

Ing. M.Sc. Fermín Campos Solorzano

Asesor

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga

Co - Asesor

Bach. Linda Almendra Chino Ruiz

Tesista

Bach. Alessandra Carolina Mathios Castro

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°063-2020

La **Dirección General de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis), titulado:

ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE PLÁSTICOS PET REUTILIZADOS Y ASERRÍN DE LA ESPECIE HUAYRURO (*Ormosia coccinea*) DE LAS INDUSTRIAS MADERERAS EN UCAYALI, PERÚ.

Cuyo autor (es)	:	**CHINO RUIZ, LINDA ALMENDRA** **MATHIOS CASTRO, ALESSANDRA CAROLINA**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	INGENIERIA AMBIENTAL
Asesor	:	Mg. CAMPOS SOLÓRZANO, FERMÍN

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 06%.**

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 07/02/2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL
MG. NINA PAUCQUISPE
Direc. Gral Prod. Intel

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, LINDA ALMENDRA CHINO RUIZ

Autor de la TESIS titulada:

ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE PLASTICOS PET REUTILIZADOS Y ASERRIN DE LA ESPECIE HUAYRURO (ORMOSIA COCCINEA) DE LAS INDUSTRIAS MADERERAS EN UCAYALI, PERÚ

Sustentada el año: 2020

Con la asesoría de: ING. M.SC. FERMIN CAMPOS SOLORZANO

En la Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Carrera Profesional de: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.

Tercero: Autorizo la publicación,

[X] Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio)

[ ] Parcial (significa que solo la caratula, la dedicatoria y el resumen en PDF será compartido en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 19 / 02/ 2020

Email: almendrachinoruiz@gmail.com Firma: 

Teléfono: 912874766 DNI: 46952361

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, ALESSANDRA CAROLINA MATHIOS CASTRO

Autor de la TESIS titulada:

ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE PLÁSTICOS PET REUTILIZADOS Y ASERRÍN DE LA ESPECIE HUAYRURO(ORMOSIA COCCINEA) DE LAS INDUSTRIAS MADERERAS EN UCAYALI, PERÚ.

Sustentada el año: 2020

Con la asesoría de: ING. M.Sc. FERMÍN CAMPOS SOLORZANO

En la Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Carrera Profesional de: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.

Tercero: Autorizo la publicación,

[X] Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio)

[ ] Parcial (significa que solo la caratula, la dedicatoria y el resumen en PDF será compartido en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 19 / 02 / 2020

Email: ale.mathic@gmail.com Firma: 

Teléfono: 947013662 DNI: 47718584

DEDICATORIA

A Dios Quien inspiro mi espíritu para la realización de este estudio, por darme salud y bendición para alcanzar mis metas como persona y profesional.

A mis padres Gredel y Kelin, quienes me dieron vida, educación, apoyo, consejos y sobre todo por la paciencia que me han tenido, no tengo palabras para agradecer las incontables veces que me apoyaron en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas y otras locas. Gracias infinitas por darme la libertad de desenvolverme como ser humano.

A mi hermano Bruno Martin, mi primer amigo con quien desde pequeña compartí buenos y malos momentos.

A mi familia José Luis mi compañero de vida; y mi hijo Gael, quien es mi motivación y luz de mi vida.

Linda Almendra.

A Dios por haberme dado la vida y demostrarme su amor infinito en cada etapa que me tocó vivir.

A mis padres por su apoyo incondicional en todo el proceso de mis estudios y por ser forjadores de buenos sentimientos, valores, lo cual me han ayudado a seguir adelante día a día.

Hermanos porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Alessandra Carolina.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali y a sus docentes, cuyos conocimientos y orientaciones lograron en nosotras una íntegra formación profesional.

De manera especial al Ing. M.Sc. Fermín Campos asesor de tesis por su tiempo, apoyo, guía, confianza y respaldo durante todo el proceso de la tesis.

De igual manera al Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga co-asesor de la tesis por el asesoramiento y apoyo brindado durante el proceso de la tesis.

Al Dr. Carlos Panduro Carbajal por brindar las facilidades para el uso del Laboratorio de Química de la Madera para la ejecución de la tesis.

A la Escuela de Ingeniería Civil por brindar las facilidades para el uso de su laboratorio para realizar las pruebas respectivas a nuestras muestras.

Al Ing. Roberto Tuesta por su apoyo con el Laboratorio de Química para la elaboración de la tesis y compartirnos sus experiencias.

A nuestros amigos: Esther Macedo, Teresita Flores, Christian Tiburcio, Emilio Cárdenas, Jhair Pinedo, Ana Barba, Renzo Alvarado, Natividad Donayre. Gracias por el apoyo y amistad brindada en el transcurso de nuestra vida universitaria, principalmente a los que de una u otra forma nos ayudaron con el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA VI
AGRADECIMIENTO VII
RESUMEN XV
ABSTRACT XVI
INTRODUCCIÓN 17
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA 18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 19
1.2.1. Pregunta General 19
1.2.2. Preguntas específicas 19
1.3. JUSTIFICACIÓN 19
1.4. OBJETIVO 19
1.4.1. Objetivo General 20
1.4.2. Objetivo Especifico 20
1.5. HIPOTESIS Y VARIABLES 21
1.5.1. Hipotesis General 21
1.5.2. Variables 21
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 22
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 22
2.1.1. Internacional 22
2.1.2. Nacional 24
2.1.3. Local 24
2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO 25
2.2.1. Plástico 25
2.2.2. Polietileno Tereftalato (PET) 26
2.2.2.1. Propiedades del plástico PET 26
2.2.2.2. Reciclaje de plástico 28
2.2.2.3. Proceso de reciclado mecánico de plástico PET 28
2.2.3. Especie maderable Huayruro (*Ormosia coccinea)* 30
2.2.3.1. Aserrín 32
2.2.3.2. Granulometría de la madera 32

2.2.3.3. Humedad de la madera 33
2.2.3.4. Celulosa en la madera 34
2.2.3.5. Lignina en la madera 34
2.2.4. Ladrillo 35
2.2.4.1. Industria ladrillera en el Perú 35
2.2.4.2. Clasificación de las unidades de albañilería 36
2.2.4.3. Manufactura (NTP ITINTEC 331.017) 38
2.2.4.4. Tipos de ladrillo (NTP ITINTEC 331.017) 38
2.2.4.5. Dimensiones y áreas (NTP ITINTEC 331.017) 39
2.2.4.6. Clasificación (NTP ITINTEC 331.017) 39
2.2.4.7. Condiciones generales (NTP ITINTEC 331.017) 40
2.2.4.8. Unidad de albañilería 40
2.2.4.9. Características generales (NORMA E.070) 41
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 42
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 44
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 44
3.1.1. Ubicación Geográfica 44
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN 45
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 45
3.3.1. Población 45
3.3.2. Muestra 45
3.4. INSTRUMENTOS MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS 45
3.4.1. Materiales 45
3.4.2. Equipos 45
3.4.3. Herramientas 45
3.4.4. Programa 45
3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 46
3.5.1. Flujo de producción de ladrillo ecológico PET – Aserrín. 49
3.6. TRATAMIENTO DE DATOS 51
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUCIÓN 53
4.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL 53
4.2. ALABEO 56
4.3. ABSORCIÓN 58
4.4. RESISTENCIA A LA COMPRENSIÓN 60

4.5. RESUMEN DE ANÁLISIS DE TUKEY POR TRATAMIENTO 62
4.6. SEGÚN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES 0.70 64
4.7. ANÁLISIS ECONÓMICO 64
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 67
5.1. CONCLUSIONES 67
5.2. RECOMENDACIONES 68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 69
ANEXOS 72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital de ubicación de UNU (Laboratorio de Ing. Civil) ..44
Figura 2. Molde del ladrillo PET – Aserrín 47
Figura 3. Tapa del molde del ladrillo PET-Aserrín 47
Figura 4. Ladrillo ecológico PET – Aserrín 48
Figura 5. Flujograma de proceso de elaboración del ladrillo ecológico. 50
Figura 6. Muestras Ladrillo PET – Aserrín sometidas a prueba. 52
Figura 7. Variación Dimensional (mm) 55
Figura 8. Alabeo (mm).....58
Figura 9. Absorción (%).....60
Figura 10. Resistencia a la comprensión (kg/cm^2) 62
Figura 11. Medidas de Ladrilló Ecológico (Vista Frontal) 79
Figura 12. Medidas de Ladrilló Ecológico (Vista Vertical) 79
Figura 13. Medidas de Ladrilló Ecológico (Vista Lateral) 80
Figura 14. Ladrilló Ecológico 80
Figura 15. Ladrilló Ecológico (Vista Frontal 3D) 81
Figura 16. Ladrilló Ecológico (Vista Lateral 3D) 81
Figura 17. Prototipo de una casa (Divisiones – Bloques No Portantes) 82
Figura 18. Prototipo de una casa. 82
Figura 19. Secado del aserrín de Huayruro.....83
Figura 20. Tamizado del aserrín con tamizador Nº 33mm 83
Figura 21. PET picado.....84
Figura 21. Mufla de 1200 ºC y Prensa mecánica manual.....84
Figura 23. Pesado del ladrillo PET - Aserrín 85
Figura 24. Prueba de alabeo 85
Figura 25. Prueba de absorción 86
Figura 26. Prueba de variación dimensional 86
Figura 27. Muestras de Ladrillo PET - Aserrín sometidas a pruebas. 87
Figura 28. Muestras obtenidas durante todo el proceso 87
Figura 29. Máquina de prueba de comprensión (ASTEM C-39; AASHTO T-22) CAP 1,555 KM (350,00 LBF).....88
Figura 30. Prueba de resistencia a la compresión 88
Figura 31. Muestra de 100% PET - 0 % Aserrín de Huayruro.....89

Figura 32. Porcentaje de Humedad del aserrín de Huayruro 89
Figura 33. Porcentaje de Lignina del aserrín de Huayruro 90
Figura 34. Porcentaje de Celulosa del aserrín de Huayruro.....90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas del Polietileno Teraftalato (PET) 27
Tabla 2. Propiedades térmicas del Polietileno Teraftalato (PET).....27
Tabla 3. Propiedades químicas del Polietileno Teraftalato (PET).....27
Tabla 4. Propiedades físicas del Huayruro 32
Tabla 5. Propiedades mecánicas del Huayruro 32
Tabla 6. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales 41
Tabla 7. Análisis de Varianza 51
Tabla 8. Tratamientos del ladrilló ecológico PET – Aserrín 51
Tabla 9. Resumen de los datos 53
Tabla 10. ANOVA: Variación Dimensional (mm) vs. Tratamientos, Repeticiones 53
Tabla 11. Análisis de varianza de Variación Dimensional 54
Tabla 12. ANOVA unidireccional: Variación Dimensional (mm) vs. Tratamientos 54
Tabla 13. ANOVA: Alabeo vs. Tratamientos, Repeticiones 56
Tabla 14. Análisis de varianza de Alabeo 56
Tabla 15. ANOVA unidireccional: Alabeo vs. Tratamientos 57
Tabla 16. ANOVA: Absorción (%) vs. Tratamientos, Repeticiones. 58
Tabla 17. Análisis de varianza de Absorción 58
Tabla 18. ANOVA unidireccional: Absorción (%) vs. Tratamientos.....59
Tabla 19. ANOVA: Absorción (%) vs. Tratamientos, Repeticiones. 60
Tabla 20. Análisis de varianza de Resistencia a la comprensión 61
Tabla 21. ANOVA unidireccional: Resistencia vs. Tratamientos.....61
Tabla 22. Análisis Tukey a todos los tratamientos. 63
Tabla 23. Resumen de la clasificación del tipo de ladrillo según la Norma Técnica E0.70. 64
Tabla 24. Gasto para la fabricación del Ladrillo PET- Aserrín. 65
Tabla 25. Peso del aserrín de la especie Huayruro 73
Tabla 26. Gramos obtenidos de las muestras de aserrín 73
Tabla 27. Gramos de muestra seca del aserrín.....73
Tabla 28. Promedio de muestras secas obtenidas 73
Tabla 29. Humedad reducida del aserrín (%) 74

Tabla 30. Peso de las muestras del aserrín.....75
Tabla 31. Porcentaje de celulosa obtenida.....75
Tabla 32. Porcentaje de Lignina obtenida 76
Tabla 33. Datos obtenidos por cada prueba según la NTP. E.070 78

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se elaboró ladrillos ecológicos de plástico PET y Aserrín de la especie Huayruro *(Ormosia coccinea)*. El cual se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali, Laboratorio Transformación Química de la Madera, Laboratorio de Química y Laboratorio Mecánica de Concreto**.**

Este proyecto de investigación se hizo con el objetivo de elaborar ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y de aserrín de la especie huayruro *(Ormosia coccinea)* de las industrias madereras de la Región de Ucayali, para determinar cuál es la proporción de la mezcla apropiada y a su vez validar su confiabilidad en la resistencia, para ello se determinó 4 tratamientos con distintas proporciones de PET-Aserrín 100% - 0%, 98% - 2%, 96% - 4%, 94% - 6%. Se colocó el PET picado en el molde y se le ingreso a la Mufla a 300 ºC hasta que alcance un punto de disolución en el que pueda ser combinado con el aserrín de Huayruro, seguido de eso se colocó en la prensa mecánica manual para hacer una ligera presión para evitar que formen burbujas de aire y grietas.

Finalmente, para determinar las propiedades físicas de los ladrillos PET-Aserrín (Ensayo de muestreo, resistencia a la comprensión, variación dimensional, alabeo, absorción de agua), utilizando la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería (NTP E.070). Concluyendo que el Tratamiento 4 es de mayor resistencia y clasificándolo como Bloque NP (No Portante) siendo estos para uso con fines no estructurales.

Se comprobó que es posible usar estos residuos como otra alternativa de minimización del impacto ambiental a un periodo de largo plazo, ya que de ser residuo paso a ser materia prima.

Palabras claves: Ladrillos PET –Aserrín, NTP E.070, propiedades físicas, resistencia a la compresión, alabeo, absorción.

ABSTRACT

In this research project ecological bricks of PET and Sawdust plastic of the species Huayruro (Ormosia coccinea) were developed. Which was developed in the facilities of the National University of Ucayali, Laboratory of Chemical Transformation of Wood, Laboratory of Chemistry and Mechanical Laboratory of Concrete.

This research project was carried out with the objective of developing ecological bricks based on reused PET plastics and sawdust of the huayruro species (Ormosia Coccinea) of the wood industries of the Ucayali Region, to determine the proportion of the appropriate mixture and in turn validate its reliability in resistance, for this purpose 4 treatments with different proportions of PET-Sawdust 100% - 0%, 98% - 2%, 96% - 4%, 94% - 6% were determined. The chopped PET was placed in the mold and the Mufla was entered at 300 ° C until it reaches a dissolution point where it can be combined with the sawdust of Huayruro, followed by it being placed in the manual mechanical press to make a slight pressure to prevent air bubbles and cracks.

Finally, to determine the physical properties of PET-Sawdust bricks (Sampling test, resistance to understanding, dimensional variation, warping, water absorption), using the Technical Building Standard E.070 Masonry (NTP E0.70). Concluding that Treatment 4 is of greater resistance and classifying it as NP Block (Non-Supporting) being these for use with non-structural purposes.

It was found that it is possible to use this waste as another alternative to minimize environmental impact over a long-term period, since if it becomes a waste it becomes a raw material.

Keywords: PET-Sawdust bricks, NTP E.070, physical properties, compressive strength, warping, absorption.

INTRODUCCIÓN

El plástico desde hace muchos años ha sido uno de los principales contaminantes del planeta, por el consumo desmedido que se le da y tratamientos que son necesarios para su reducción está convirtiendo gradualmente en el más importante problema ambiental y su eliminación amenaza seriamente el desarrollo sostenible de la sociedad actual, como indica (Pardave, A, 2004)

La sociedad no se concibe sin la existencia de envases y en especial los de plásticos, que gracias a ellos, se pueden garantizar las condiciones adecuadas de salubridad y calidad principalmente, constituyendo una garantía para el consumidor que puede adquirir bienes (en especial líquidos) en condiciones adecuadas independiente del origen de los mismos; sin embargo, los fabricantes con ayuda de investigadores han buscado nuevos usos para estos materiales con posibilidad de ser reciclados, como es el caso de ser utilizados como ladrillo ecológicos a base de ellos.

En la región de Ucayali se estima que se produce 255.36 tn/mes de plástico PET (Zegarra, M., 2017) por lo general estos residuos el 60% se van a parar al botadero, los otros 40 % a los recicladores. Lo mismo pasa con el aserrín de madera, las industrias madereras de la región Ucayali hacen un volumen de madera aserrada de 12 154,94 m3/año. (MINAG - DGFFS., 2012)

Estos residuos van a parar al rio, provocando que el mismo se contamine, alterando el habitad de los peces y demás animales que se alimentan del rio.

La presente investigación realizada con polietileno tereftalato - PET reciclado, pretende demostrar que se le puede dar otro uso al plástico muy aparte del que ya son conocidos a su vez al aserrín utilizarlo como insumo. Con más investigaciones el Ladrillo PET – Aserrín puede llegar a ser una alternativa económica y amigable con el medio ambiente por las propiedades que las mismas presentan.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad existe una gran acumulación de residuos sólidos inorgánicos, en especial los plásticos PET que se consumen de forma masiva y tiene la propiedad de no degradarse fácilmente (es un proceso tan lento que una botella de plástico tarda en descomponerse una media de 450 años expuestos a rayos UV del Sol y más de 1 000 años enterrados), afectando de esta manera al ambiente. Estos desechos provocan una gran preocupación en la población, ya que no existe un adecuado manejo de los mismos, se sabe que existen infinidad de recicladoras que se encargan de darle un determinado proceso, pero este no es suficiente para combatir los daños causados al ambiente, otras botellas van a parar al agua provocando inundaciones, muerte de los seres acuáticos, daños materiales, entro otros.

En Ucayali existe gran demanda de empresas que se dedican al servicio de aserrío de madera, muchas de estas empresas formales e informales no cuentan con un sistema de disposición final de estos residuos sólidos, el aserrín que se genera en gran cantidad es acumulado, eliminado por combustión directa y/o utilizada para la elaboración de carbón (esta actividad también causa daños ambientales y a la salud) o arrojada en cursos de agua (cuya degradación natural es casi nula), constituyendo un problema de contaminación ambiental considerable, ya que la degradación natural de estos residuos es lenta.

Existen estudios que revelan que, en zonas de la ciudad de Pucallpa, en temporadas de alta actividad, en los centros de transformación se supera el estándar de calidad ambiental (ECA) para partículas menores a 10 micras. (Yomona, J., 2008)

Para la minimización de los daños ambientales que los plásticos PET y el aserrín generan, nace la idea de reutilizarlo elaborando ladrillos ecológicos de esta manera se hará un pòst- consumo de plásticos, de esta forma se tiene una visión ecológica dando un destino útil a los plásticos y aserrín. Esta tecnología no requiere grandes gastos de energía, no causa desechos ni

contaminación, es climáticamente aceptable, segura frente a inclemencias de tiempo y peligros naturales, emplea fuerza laboral local tanto para la producción como para el mantenimiento y reparación, usa materiales locales (abundantes, renovables, disponibles, de poco peso y fácil manipulación, durables y de calidad), es socialmente aceptable, evita herramientas o equipos de alto costo, requiere baja especialización, fácil aprendizaje, … y tiene escasa incidencia sobre el medio. (Sutlz, R., 2004)

Otra ventaja significativa es que genera fuentes de trabajo y organización con la comunidad sobre todo en sectores de baja economía. Es decir, facilita el trabajo de la auto-construcción por ser una tecnología sencilla y económica.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta General

- ¿Es posible la elaboración de ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie Huayruro (Ormosia coccinea) de las industrias madereras en Ucayali, Perú?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Es posible realizar las pruebas de absorción, alabeo, variación dimensional y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos a base de PET y Aserrín con la NTP E.070*?*
- ¿Cuál es la proporción de la mezcla apropiada para elaborar los ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie huayruro *(Ormosia coccinea)* en las industrias madereras?
- ¿Cuál es la confiabilidad estructural de los ladrillos ecológicos elaborados de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie huayruro *(Ormosia coccinea)* de las industrias madereras?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La contaminación generada por los plásticos PET y la generación de aserrín, tienen efectos nocivos sobre el ambiente, la alta concentración de

estos desechos se debe a que no se tiene un uso definido y simplemente se desecha.

Esta problemática requiere presentar alternativas de solución enfocado a su tratamiento, re-uso, gestión, etc. La propuesta de la necesidad de detener y/o mitigar esta problemática, se presenta por medio de la elaboración de ladrillos ecológicos.

El trabajo propuesto de la combinación de plástico PET y aserrín es la primera investigación de su tipo que se realiza en la región, teniendo como importancia neta la fácil aplicación en la elaboración de ladrillos ecológicos de esa manera se reducirá el alto porcentaje de contaminación, obteniendo un producto resistente, confiable, estructural y ambientalmente sostenible similar a las de cualquier concreto simple.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Elaborar ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y de aserrín de la especie Huayruro *(Ormosia Coccinea)* de las industrias madereras en Ucayali, Perú.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la absorción, alabeo, variación dimensional y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos a base de PET y Aserrín, con la NTP E.070.
- Determinar cuál es la proporción de la mezcla apropiada para elaborar los ladrillos ecológicos a base de plásticos PET y aserrín de la especie huayruro *(Ormosia coccinea)* de las industrias madereras en Ucayali, Perú.
- Determinar la confiabilidad estructural de los ladrillos ecológicos elaborados de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie huayruro *(Ormosia coccinea)* de las industrias madereras en Ucayali, Perú.

1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1. Hipótesis General

- La elaboración de ladrillos ecológicos contribuirá a mejorar la reutilización de plásticos PET y del aserrín de la especie Huayruro *(Ormosia Coccinea)* de las industrias madereras que se ubican en Ucayali.

1.5.2. Variables

- **Variable independiente (X):**
  X: Ladrillos ecológicos.

- **Variable dependiente (Y):**
  Y1: Plásticos PET reutilizados.
  Y2: Aserrín de la especie Huayruro

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El tereftalato de polietileno (PET) que es la materia prima utilizada para la elaboración de botellas; nace en el año 1941, y desde entonces año con año se consumen millones de toneladas; lo que representa un problema para el medio ambiente. Los plásticos utilizados en la industria y la vida cotidiana son productos con una limitada capacidad de autodestrucción, quedando como residuos por muchos años; donde el plástico y sus derivados tardan hasta 500 años en degradarse. En nuestro país los desechos sólidos se han incrementado en la medida que la población aumenta, por lo que ante la problemática; se han planteado algunas soluciones; una de las más adoptadas es el reciclaje de materiales.

2.1.1. Internacional

Molina, et al., (2007) Analizó el ladrillo con una combinación de 70% de PET y 30% de PEAD lo que lo hace liviano, por el peso específico de la materia prima, y por su alto contenido de PET, siguiendo las Normas Técnicas Colombianas se realizaron diferentes ensayos, ante el ensayo de alabeo presentó caras uniformes lo que lo hace de fácil instalación y acoplamiento, y al exponerse a la intemperie no presenta alteraciones dimensionales ni daños aparentes al ser sometido a los rayos ultravioleta y a la humedad del medio ambiente, tiene muy bajo porcentaje de absorción de agua (0,29%), al ser sometido a fuerzas de flexión el ladrillo se rompe a un ángulo de 45° aproximadamente soportando una presión promedio de 0,83 MPa, lo que lo hace un ladrillo altamente resistente a la rotura, además tiene un alto grado de resistencia a la compresión horizontal de 212,6 Kg/cm^2 y verticalmente 239 Kg/cm^2 y se clasifica como un material frágil según su análisis de esfuerzo – deformación.

Gaggino, R. (2008) Estudió una alternativa que ayude a bajar los costos de construcción y adquisición de viviendas, esta alternativa es reciclar residuos plásticos para la fabricación de componentes

constructivos. Los materiales utilizados fueron: tereftalato de polietileno y films de plásticos varios: polietileno, polipropileno biorientado y policloruro de vinilo. Estos residuos se trituraron e incorporaron a una mezcla de cemento Portland, agua y un aditivo químico. Con esta mezcla se fabricaron ladrillos, bloques de pared y placas de ladrillos; para ser usados en cerramientos no estructurales de viviendas. Y se concluye que esta tecnología con plásticos reciclados es una alternativa posible para la construcción de viviendas y que los elementos constructivos desarrollados son más ecológicos, más livianos, y ofrecen una mayor aislación térmica que los tradicionales; con una resistencia mecánica suficiente para su aplicación en la construcción de cerramientos no portantes.

Rivera, L. (2013) Sustituyó parcialmente al jal del tabique en 50% y 30% de PET, para así obtener un material que se comportara de manera similar a éste sin sacrificar sus características de resistencia. En el caso de los tabiques de jal al 30% se pudo apreciar que la resistencia es baja debido a la poca adherencia que se tienen entre el plástico y el cemento; y en el caso del PET al 50% no cumplen lo requerido, pues el contenido de plástico es mayor y su adherencia es menor. Este tipo de materiales pudieran llegar a utilizarse como piezas divisorias, más nunca estructurales, ya que no soporta las cargas.

Zavala, G. (2015) Estudio la geometría irregular de las partículas plásticas que influye directamente en el comportamiento de la mezcla; por tanto, entre más fina sea la partícula habrá mayor adherencia, afectando la cantidad de agregado fino en la mezcla de mortero generada para crear los elementos de cemento – PET. Esta tecnología con plástico reciclado es una alternativa posible para utilizarla en elementos arquitectónicos interiores de viviendas, considerando que son elementos que no soportan cargas importantes, sin embargo, son más ecológicos, más livianos; y ofrecen una mayor aislación térmica que otros tradicionales; mejorando la acústica. Con una resistencia suficiente para su aplicación en la construcción de elementos no estructural.

2.1.2. Nacional

Pastor, A. (2015) Buscó que los adoquines utilizados en tránsito peatonal y vehicular tengan en su composición materiales reciclados, por lo que se usó una proporción de 1 de cemento por 1,5 de arena y 0,5 de PET. El proceso de elaboración se realizó en una máquina productora de adoquines (compactadora). Según las pruebas de laboratorio se pudo determinar que los adoquines con plástico cumplen con los requerimientos exigidos por la norma peruana en cuanto a resistencia y absorción se refiere, para que sean apropiados para su uso en la construcción de vías públicas, además poseen una densidad menor al de los elaborados solo con cemento, esto debido a que el plástico tiene un menor peso. Por ello, es que la resistencia disminuye un poco.

Reyna, C. (2016) Planteó reutilizar los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. Se utilizó como materia prima, el cemento Portland Extra Forte, gravilla de 1/2", arena gruesa y los residuos antes mencionados, éstos sustituyeron a la arena gruesa en los porcentajes en peso de 5%, 10% y 20%. Se pudo determinar que el concreto que contenía 5% de plástico PET presentó la mejor resistencia a compresión y que conforme se aumenta el contenido de los residuos en el concreto su resistencia a la compresión disminuye. También se determinó que hay un ahorro en el costo unitario del concreto incorporando plástico PET.

2.1.3. Local

Pérez, W. (2017) Estudio que en la zona de Pucallpa el material que más abunda es la madera, utilizando generalmente listone y machimbrado, tablero, traslapada. En la construcción se puede proponer otro proceso constructivo como son ladrillos de madera. El objetivo de la presente investigación es conocer el rendimiento de la madera aserrada de la especie Calophyllum Brasiliense Camb. (Lagarto caspi) y cuantificar el número de ladrillo por m3 de madera aserrada. Promoviendo el uso de la madera como ladrillo. Sé evaluaron 7038 pt de

Madera aserrada de Lagarto caspi, el método dé investigación fue cuantitativo descriptivo del proceso de fabricación de los ladrillos dé madera maciza, el trabajo se desarrolló el taller de carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU). Los resultados obtenidos ponen evidencia que el rendimiento de la madera aserrada de lagarto caspi fue 49,73%, asimismo el factor de recuperación de residuos de elementos estructurales como: chiletas, listones, tapajuntas con un 17% convirtiendo 33,27% en desperdicios. También se encontró la contracción volumétrica total de 18,72% pero la contracción volumétrica hasta punto de equilibrio higroscópico (16%) en Pucallpa la madera se contrajo 2%.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

2.2.1. Plástico

Son compuestos constituidos por moléculas que forman estructuras muy resistentes, que permiten moldeo mediante Presión y Calor. La American Society for Testing Materials (ASTM) define como plástico a cualquier material de un extenso y variado grupo que contiene como elemento esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular, siendo sólida en su estado final; ha tenido o puede haber tenido en alguna etapa de su manufactura (fundido, cilindrado, prensado, estirado, moldeado, etc.) diferentes formas de fluidificación, mediante la aplicación, junta o separada, de presión o calor. Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, tienen baja conductividad eléctrica y térmica, y no son adecuados para utilizarse a temperaturas elevadas. Los plásticos son producidos mediante un proceso conocido como polimerización, ya sea por adición, por condensación, o por etapas, es decir, creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o

entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. (Escuela Colombiana de Ingenieria , 2007)

2.2.2. Polietileno Tereftalato (PET)

El plástico PET es una sustancia sintética de estructura macromolecular por su gran cantidad de moléculas de hidrocarburos, alcoholes y otros compuestos orgánicos. Fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J.T. Dicknson en 1941 y comenzó a ser utilizado a partir de 1955 para la producción de envases de líquidos y es totalmente reciclable, lo que le da un valor agregado. (Ambientum., 2000)

El PET es producido a partir del petróleo crudo, gas y aire. Está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire, y se caracteriza por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales. (Luis, Rendón, & Korody, 2008)

El PET es el material plástico con el cual se elaboran los envases de bebidas gaseosas y aguas minerales, entre otras. Las botellas son desechables, por lo que su destino suele ser la bolsa de basura y, por extensión, los rellenos sanitarios. (Luis, et al.,(2008)

2.2.2.1. Propiedades del plástico PET

En general los plásticos se caracterizan por alta resistencia respecto de su densidad, aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, entre otros.

Específicamente el Tereftalato de Polietileno (PET) presenta las siguientes características relevantes:

- Buen comportamiento ante esfuerzos permanentes.
- Alta resistencia al desgaste.

- Buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química.
- Buenas propiedades térmicas.

Con estos datos se puede asumir que el PET posee propiedades adecuadas para utilizarlo como material alternativo en la mezcla del concreto. (Angumba, P., 2016)

Tabla 1. Propiedades mecánicas del Polietileno Tereftalato (PET)

PROPIEDADES	
Peso especifico	134 g/cm³
Resistencia a la tracción	825 kg/cm²
Resistencia a la flexión	1 450 kg/cm²
Alargamiento a la rotura	15 %
Módulo de elasticidad (tracción)	2 8550 kg/cm²
Resistencia de desgaste por roce	Muy Buena
Absorción de humedad	0,25 %

Fuente: (Plásticos Mecanizables, 2017)

Tabla 2. Propiedades térmicas del Polietileno Tereftalato (PET)

PROPIEDADES	
Temperatura de fusión	255 °C
Conductividad térmica	Baja
Temperatura de deformidad por calor	170 °C
Temperatura de ablandamiento por Vicat	175 °C
Coeficiente de dilatación lineal 23 al 100 °C	0,00008 mm/°C

Fuente: (Plásticos Mecanizables, 2017)

Tabla 3. Propiedades químicas del Polietileno Tereftalato (PET)

PROPIEDADES	
Resistencia a álcalis a temperatura ambiente	Buena
Resistencia de ácidos a temperatura ambiente	Buena
Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad
Propagación de llama	Mantienen la llama
Comportamiento al quemado	Gotea

Fuente: (Plásticos Mecanizables, 2017)

2.2.2.2. Reciclaje de plástico

Las posibles vías de reutilización de los plásticos son de diferente naturaleza, abarcando desde su reciclado directo, incineración con o sin recuperación energética, hasta su transformación en productos más nobles y de mayor valor agregado mediante el reciclaje químico. La selección del procedimiento para el reciclado depende de su composición, legislación medioambiental, precio de las materias vírgenes y estrategias de reciclaje. (Rámirez, D., 2011)

Tipos de reciclaje:

- Reciclado Químico. Se define como la ruptura de los residuos plásticos en fracciones utilizables para su posterior transformación en monómeros u otros productos químicos.
- Reciclado Mecánico. Este proceso es menos costoso que el reciclado químico, está dirigido a la recolección y separación de envases, trituración, lavado y extrusión del material polimérico. Con este proceso se obtienen hojuelas que mediante la acción del calor se utiliza para obtener nuevas piezas. Así mismo, estas hojuelas se emplean como agregado fino en concretos para disminuir costos en obra.
- Recuperación Energética. Aquellos productos y materiales que no pueden ser reciclados de una forma económica y medio ambientalmente viable son generalmente incinerados bajo condiciones controladas para la obtención de energía. (Rámirez, D., 2011)

2.2.2.3. Proceso de reciclado mecánico de plástico PET

El proceso de reciclaje mecánico es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos. (Argueta, A., 2006), definió el proceso en los siguientes pasos:

- Acopio. Las botellas de PET para reciclado provienen de programas de recolección y de acopiadores ambulantes,

éstos contribuyen, a limpiar las calles y a reducir las cantidades de residuos que llegan al relleno sanitario. Idealmente, la separación de desechos se debe hacer por los consumidores, antes del recojo de desechos y una vez separados llevarlos a centros de acopio, a falta de una recolección diferenciada, el papel de los recolectores es fundamental.

- Compactado. El material se compacta para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento. Generalmente las dimensiones de estos bloques o pacas de PET es de 153 x 130 x 85 cm., donde cada una podría alcanzar un peso de 200 a 600 kg, según el grado de compactación o la eficiencia del prensado. Cuando se realiza el compactado, las pacas deben ser posteriormente abiertas y picadas tal como llegan a la planta, es decir con tapas y etiquetas. Sin embargo, cuando a la planta llegan botellas sueltas, el volumen es mayor, pero la posibilidad de realizar el desetiquetado y destapado permiten obtener un producto más fácil de tratar.
- Molido. Se realiza el molido (o picado) para facilitar la separación de los diferentes tipos de polímetros del material (si es que éste ha sido compactado) y la limpieza del material picado. En la reducción de tamaño del PET puede llegarse a obtener hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino del que se disponga.
- Separación. La separación libera al PET de diferentes tipos de materiales, como otros tipos de polímeros, metales, vidrio o papel. Si existiesen familias de polímeros inmiscibles juntas, las unas crearan fases dentro de las otras y durante el procesado puede existir degradación o quemado, éstos perjudicarían el proceso de reciclaje; y si existiesen partículas metálicas afectarían la calidad del producto. La macro separación se hace destapando y desetiquetando la

materia prima completa (botellas desechadas) manualmente. La micro separación se hace por una propiedad física específica como el tamaño, peso o densidad. La separación molecular, involucra procesar el plástico por disolución y luego separar los plásticos basados en temperatura. Otra alternativa es tener sistemas de flotación o burbujeo, en las tinas de flotación vibradoras con bandas transportadoras el PET con una densidad mayor cae al fondo y es recogido por un tornillo sinfín que lo transporta a la siguiente etapa.

- Limpieza. Las hojuelas o flakes de PET están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes. El uso de 12 hidrociclones cuando el desecho plástico está muy contaminado es una alternativa, el plástico contaminado es removido al ser ligero ya que flota en la superficie donde es expulsado. Los contaminantes caen al fondo y se descargan. Después del proceso de limpieza, se obtiene hojuelas limpias.
- Secado. Este proceso elimina el remanente de humedad del material. Pueden usarse secadores centrifugados o secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circula entre el material molido, eliminando la humedad. El granulado limpio y seco puede ser usado en diferentes industrias.

2.2.3. Especie maderable Huayruro (*Ormosia coccinea)*

El Huayruro se encuentra distribuido en la selva tropical Latinoamericana desde El Caribe hasta el sur de Brasil. En Puerto Rico, Guyana, Brasil, Venezuela, Colombia y Perú. En el Perú se encuentra en los departamentos de Loreto y Ucayali. (CEMU)

El Huayruro habita en las formaciones ecológicas del bosque húmedo tropical (bh-T). Prefiere suelos de buen drenaje, escogiendo

también los límites de las sabanas y restingas. (Catálogo de bienes-Ficha estándar N° 83-MEF., 2016)

En descripción el huayruro según el (CEMU):

- Familia: Fabaceae,
- Nombre común, regional o vernácular: Huayruro, huayruru
- Nombre comercial: Huayruro
- Nombre científico: Ormosia coccinea
- Sinónimos: Ormosia subsimplex Spruce ex Benth., Robinia coccinea Aubl.
- Símbolo: ORMC (según NTP 251.006)
- Color: Albura amarilla, duramen amarillo rojizo.
- Grano: Entrecruzado.
- Brillo: Moderado a brillante.
- Textura: Gruesa.
- Veteado: Arcos superpuestos, líneas verticales, satinado en bandas longitudinales anchas.
- Olor: Ausente a ligeramente aromático.

Sus características macroscópicas

- Poros: Ligeramente visibles a simple vista, porosidad difusa, solitarios de forma ovalada y múltiples radiales de 2 a 5.
- Parénquima: Visible a simple vista, abundante, paratraqueal aliforme confluente y aliforme
- Radios: Visibles con lupa de 10x; no estratificados.

Sus características en forma de troza según (Catálogo de bienes-Ficha estándar N° 83-MEF., 2016)**:**

- Diámetro: Promedio de 28 pulgadas
- Forma: Cilíndrico, ahusado.
- Conservación: Es una especie de buena durabilidad natural.

Tabla 4. Propiedades físicas del Huayruro

PROPIEDADES	
Densidad básica	0,61 g/cm³
Contracción volumétrica	9,40 %
Relación T/R	1,98
Contracción tangencial	6,30 %
Contracción radial	3.19 %
Densidad básica	0,61 grcm³

Fuente: (Catálogo de bienes-Ficha estándar N° 83-MEF., 2016)

Tabla 5. Propiedades mecánicas del Huayruro

PROPIEDADES	
Módulo de Elasticidad en flexión	136 tn/cm²
Módulo de Ruptura en flexión	838 kg/cm²
Comprensión Paralela	443 kg/cm²
Comprensión Perpendicular	71 kg/cm²
Corte paralelo a las Fibras	105 kg/cm²
Dureza de lados	650 kg/cm²
Tenacidad	3,70 kg – m

Fuente: (Catálogo de bienes-Ficha estándar N° 83-MEF., 2016)

2.2.3.1. Aserrín

El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral. (Reyes, J., 2013)

2.2.3.2. Granulometría de la madera

Es la medición y distribución de los tamaños de las partículas de un agregado, tal como se determina por análisis de tamice. El método de determinación granulométrico más sencillo es obtener las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de

entramado, que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices. (EcuRed)

2.2.3.3. Humedad de la madera

La madera, como un material proveniente de seres vivos que son los árboles, contiene desde su origen una gran cantidad de agua en su interior. Cuando se pone a secar, la madera pierde una elevada cantidad de agua mas no toda, ya que como materia prima se comporta como un material "higroscópico", esto es, que tiene la propiedad de ceder o ganar humedad en intercambio con la humedad existente en el medio ambiente que la rodea, hasta alcanzarse un estado de equilibrio entre el valor de la humedad relativa del aire y el contenido de humedad de la madera. (Junta del acuerdo de Cartagena., 1989)

Esta propiedad (higroscopicidad), hace que la madera en condiciones normales de uso siempre contenga una cierta cantidad de agua en las paredes de las células que la conforman pero además y lo más importante, es que la variación de esa cantidad de agua tiene grandes implicaciones en las demás propiedades como son su resistencia mecánica, su aptitud para el trabajo con máquinas y herramientas, su aptitud para recibir acabados y adhesivos, el poder calorífico que puede generar, su resistencia al ataque de hongos cromógenos (manchadores) y xilófagos (de pudrición), su aptitud para la impregnación, en el peso y, sobre todo, en los cambios dimensionales que sufre la madera a consecuencia precisamente de la variación en su contenido de humedad. (TMFB)

La madera en servicio presenta un contenido de humedad que generalmente oscila entre 6 y 18%, dependiendo del tipo de uso, de si está expuesta a la intemperie y dependiendo de la época del año; dicha variación de humedad en la madera puede ocasionar. (TMFB)

2.2.3.4. Celulosa en la madera

(Tsoumis, G., 1982) afirma que la celulosa es el constituyente principal de las células vegetales ya que representa entre 43 y 47% en maderas de coníferas y entre 42 y 44% en maderas de frondosas.

(Aitken, Y.; Cadel, F.; y Voiltot, C., 1988) La celulosa es un polímero lineal formado por unidades de β-D-glucopiranosa unidas entre sí por enlaces β-1-4-O glucosídicos.

Dos unidades de glucosa adyacentes se unen eliminando una molécula de agua entre los grupos hidroxilo del C_1 y el C_4 de la otra unidad. El grado de polimerización de la celulosa en la madera está comprendido entre 7 000 y 10 000. La unión de estas macromoléculas se produce mediante enlaces de hidrógeno y alterna la sucesiva formación de regiones cristalinas, inaccesibles a los reactivos y de regiones amorfas. La fracción amorfa de la celulosa, en la que la disposición de las moléculas está más o menos desordenada, es la más accesible al agua y a los agentes químicos, y es donde se inician las reacciones químicas.

2.2.3.5. Lignina en la madera

La lignina es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforma la pared celular de las mismas en una disposición regulada a nivel nano-estructural, dando como resultado redes de lignina-hidratos de carbono. La composición o distribución de los tres componentes en esas redes varía dependiendo del tipo de planta. En el caso de la composición de la madera, los rangos más comúnmente encontrados son: Celulosa: 38-50%; Hemicelulosa: 23-32% y Lignina: 15-25% (Sustainable Forestry for Bioenergy & Bio-based Products., 2007)

La lignina está presente en todas las plantas vasculares, y al igual que muchos otros componentes de la biomasa, se forma

mediante la reacción de fotosíntesis. La lignina está considerada como un recurso renovable asequible y de potencial uso industrial, cuya producción anual se ha estimado en el intervalo de 5-36 x 108 toneladas. (Gellerstedt, G. & Henriksson, G., 2008)

La definición estructural de la lignina nunca ha sido tan clara como la de otros polímeros naturales tales como celulosa y proteínas, debido a la complejidad que afecta su aislamiento, análisis de la composición, y la caracterización estructural. El problema de una definición precisa para la lignina se asocia con la naturaleza de sus múltiples unidades estructurales, las cuales no suelen repetirse de forma regular, dado que la composición y estructura de la lignina varían dependiendo de su origen y el método de extracción o aislamiento utilizado (Lu, F. & John, R., 2010)

2.2.4. Ladrillo

El ladrillo constituyó el principal material de la construcción en las antiguas Mesopotamia y Palestina, donde apenas se disponía de madera y piedras. Los habitantes de Jericó en Palestina fabricaban ladrillos desde hace unos 9 000 años. Los constructores sumerios y babilonios levantaron palacios y ciudades amuralladas, con ladrillos secados al sol, que recubrían con otros ladrillos cocidos en hornos, más resistentes y a menudo con esmaltes brillantes formando frisos decorativos. En sus últimos años los persas construían con ladrillos, al igual que los chinos, que levantaron la gran muralla. Los romanos construyeron baños, anfiteatros y acueductos con ladrillos, a menudo recubiertos de mármol (Molina, S; Vizcaíno, A; Ramírez, F., 2007)

2.2.4.1. Industria ladrillera en el Perú

La industria ladrillera formal tiene abiertos dos flancos de lucha; por un lado, tiene que espabilarse para hacer frente a los nuevos sistemas constructivos que limitan el uso de sus productos y, por el otro, debe lidiar con que el 27% del mercado opere en la total informalidad. Cada año las empresas informales del sector

producen 957,451 toneladas de ladrillos, lo que representa un movimiento aproximado de S/.106 millones, monto del que no se descuentan el Impuesto General a las Ventas, a la renta o utilidades, tributos que sí aportan al fisco las empresas formales. Pero la evasión de impuestos y el subempleo no son las únicas características de la informalidad ladrillera, ya que esta también viene de la mano del incumplimiento de las normas ambientales y de calidad (Mendoza, S., 2010)

2.2.4.2. Clasificación de las unidades de albañilería

a. Para fines estructurales

a.1. Unidades solidas o macizas

De acuerdo con la (NTP E. 070.) del RNE, se denomina unidad de albañilería solida maciza, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

De acuerdo a la (NTP 331.017), se denomina unidad de albañilería solida o maciza, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 75% del área bruta en el mismo plano.

b. De acuerdo a sus propiedades

b.1. Según la NTP 331.017

Los ladrillos se clasifican por resistencia, indicando en su clasificación un número que representa la resistencia a la compresión en MPa. Se tienen 4 tipos, tal como sigue:

- Tipo 21: Para uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la

penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

- Tipo 17: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia al frio y a la penetración de la humedad.
- Tipo 14: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.
- Tipo 10: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

b.2. Según la Norma Técnica E.070 del RNE.

Aunque el criterio principal es la resistencia a la compresión, esta clasificación incluye otros parámetros como la variación dimensional, la absorción y alabeo. Según esto, se proponen 5 clases denominados con números romanos, siendo el de clase I el de menor calidad y capacidad resistente.

- **Tipo I:** Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy bajas; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencia mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.
- **Tipo II:** En esta categoría clasifican los ladrillos que tienen baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse en condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con lluvia, agua o el suelo).
- **Tipo III:** Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad; aptos para ser usados en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.

- **Tipo IV:** Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio moderado. Pueden estar sujetos a condiciones de servicio moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.
- **Tipo V:** Estos ladrillos son de muy alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de servicio riguroso, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

2.2.4.3. Manufactura (NTP ITINTEC 331.017)

a) **Artesanal**. Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad, siendo este tipo de ladrillo al cual se centra el estudio.

b) **Industrial**. Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

2.2.4.4. Tipos de ladrillo (NTP ITINTEC 331.017)

a) **Ladrillo macizo.** Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% o más de área bruta de la misma sección.

b) **Ladrillo perforado.** Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% del área bruta de la misma sección.

c) **Ladrillo tubular**. Es el ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento.

2.2.4.5. Dimensiones y áreas (NTP ITINTEC 331.017)

a) **Dimensiones especificadas.** Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación.

b) **Dimensiones.** Dimensiones reales que tiene el ladrillo.

- **Largo.** Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.
- **Ancho.** Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.
- **Alto.** Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo.

c) **Área bruta**. Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.

d) **Área neta.** Es el área bruta menos el área de los vacíos.

2.2.4.6. Clasificación (NTP ITINTEC 331.017)

El ladrillo se clasifica en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades:

- **Tipo I**. Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.
- **Tipo II.** Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.

- **Tipo III.** Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.
- **Tipo IV.** Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.
- **Tipo V.** Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

2.2.4.7. Condiciones generales (NTP ITINTEC 331.017)

El ladrillo Tipo III, Tipo IV, y Tipo V deberá satisfacer las siguientes condiciones generales. Para el ladrillo Tipo I y Tipo II estas condiciones se consideran como recomendaciones:

- El ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- El ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo u objeto similar producirá un sonido metálico.
- El ladrillo no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.
- El ladrillo no tendrá excesiva porosidad, ni tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

2.2.4.8. Unidad de albañilería

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo.

2.2.4.9. Características generales (NORMA E.070)

a) Se denomina ladrillo a aquella unidad cuyas dimensiones permitan que pueda ser manipulada con una sola mano; y bloque, a aquella que requiera de ambas manos para su manipulación.
b) Las unidades de albañilería pueden tener como materia prima a la arcilla, sílice-cal o al concreto.
c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, tubulares o alveolares y pueden ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
d) Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica.

2.2.4.10. Clasificación para fines estructurales (NORMA E.070)

Las unidades de albañilería tendrán las siguientes características.

Tabla 6. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máxima en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRENSIÓN f´b mínimo en MPa (kg/cm²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P (1)	±4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP (2)	±7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes **Fuente:** (NTP E. 070., 2006)
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Aserrín**.

Es el desperdicio del proceso de aserrado de la madera, como el que se produce en un aserradero. este material, que en principio es un residuo o desecho de las labores de corte de la madera, estos residuos forestales son altamente contaminantes para el Medio ambiente.

- **Ladrillo.**

Es un bloque hecho de arcilla o adobe, con o sin cocción. También se hacen de hormigón. Son hechos en moldes o extendiendo la arcilla en una capa gruesa y luego cortándola con alambres al tamaño adecuado. Los ladrillos son utilizados en edificaciones o pavimentación.

- **Ladrillo PET**.

Ladrillo de concreto vibrado con porcentajes variables de hojuelas de PET (principalmente reciclado).

- **Plástico.**

En su significación más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

- **PET**.

Abreviación de Polietilentereftalato o Tereftalato de Polietileno, que es un polímero que pertenece al grupo de los poliésteres, en función de su estructura cristalina consiguen ser utilizados como fibras en la industria textil y como plásticos en la fabricación de envases para diferentes usos, como botellas para el agua o gaseosas.

- **Reaprovechamiento de residuos.**

Se entiende como el proceso para volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye el residuo. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento: el reciclaje, recuperación o reutilización. (Bolaños, K., 2011)

- **Reciclaje.**

Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación geográfica

La ejecución del proyecto y los análisis físicos se desarrollaron en los Laboratorios: Química de la Madera perteneciente a la Facultad Ciencias Forestales y Ambientales y Laboratorio de Concreto Armado de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali, del Distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.



Figura 1. Imagen satelital de ubicación de UNU (Laboratorio de Ing. Civil)
Fuente: Google Maps

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación por su finalidad es aplicada; por su profundidad u objetivo es exploratoria, descriptiva y experimental; por el tratamiento de datos es cuantitativa y por el Lugar es de Laboratorio.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

En la región de Ucayali se estima que se produce 255,36 tn/mes de plástico PET (Zegarra, M., 2017)

Las industrias madereras de la región Ucayali hacen un volumen de madera aserrada de 12 154,94 m^3/año del cual la especie Huayruro tiene 1,038.90 m3/año. (MINAG - DGFFS., 2012)

La población está constituida por el total de ladrillos PET – aserrín de Huayruro elaborados siendo un total de 40 unidades experimentales.

3.3.2. Muestra

Las muestras son no probabilísticas.

3.4. INSTRUMENTOS MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3.4.1. Materiales

a) Materiales de estudio

- Tereftalato de polietileno - PET
- Ormosia Coccinea – Huayruro

b) Materiales de campo

- Formatos para recolección de datos.
- Costal.

c) Materiales de gabinete

- Formatos de recolección de datos

3.4.2. Equipos

a) Equipos para la elaboración de las muestras

- Mufla de 1200 °C

- Prensa mecánica manual.

b) Equipos de laboratorio

- Máquina de prueba de comprensión (ASTEM C-39; AASHTO T-22) CAP 1,555 KM (350,00 LBF)
- Balanza eléctrica de precisión.

3.4.3. Herramientas

a) Herramienta para la elaboración de las muestras

- Moldes de lata galvanizada.
- Varilla de metal.
- Espátula.
- Tamiz de 30 mm

b) Herramienta de laboratorio

- Wincha métrica.

3.4.4. Programa

- MiniTab versiòn 17

3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a) Revisión Bibliográfica

Se comenzó revisando materiales bibliográficos relacionados al tema.

b) Recolección y selección de materiales a utilizar

Se hizo la recolección del aserrín de la especie Huayruro de las industrias madereras Chino Morí SAC. y Aserradero Vásquez SAC.
Se hizo la recolección de 70 kg de plástico PET de botellas descartables (picado) de la empresa “Recicladora Pucallpa” de la CFB Km 7 200.

c) Elaboración de los moldes

Se fabricaron los moldes de lata galvanizada de dimensiones: 20 cm de largo x 10 cm de ancho y 8 cm de espesor; para la elaboración de los ladrillos de PET – Aserrín.

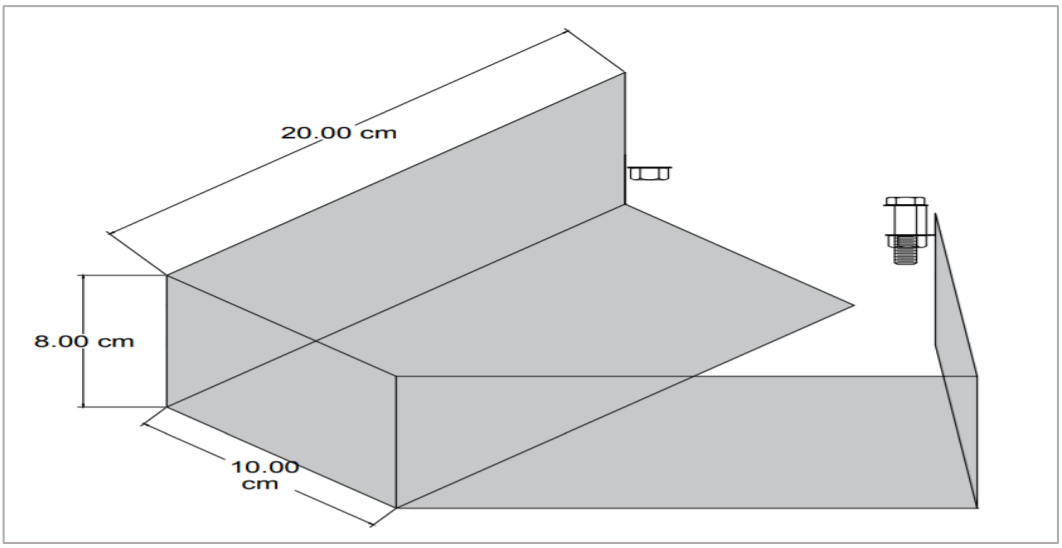


Figura 2. Molde del ladrillo PET – Aserrín
Fuente: Elaboración propia

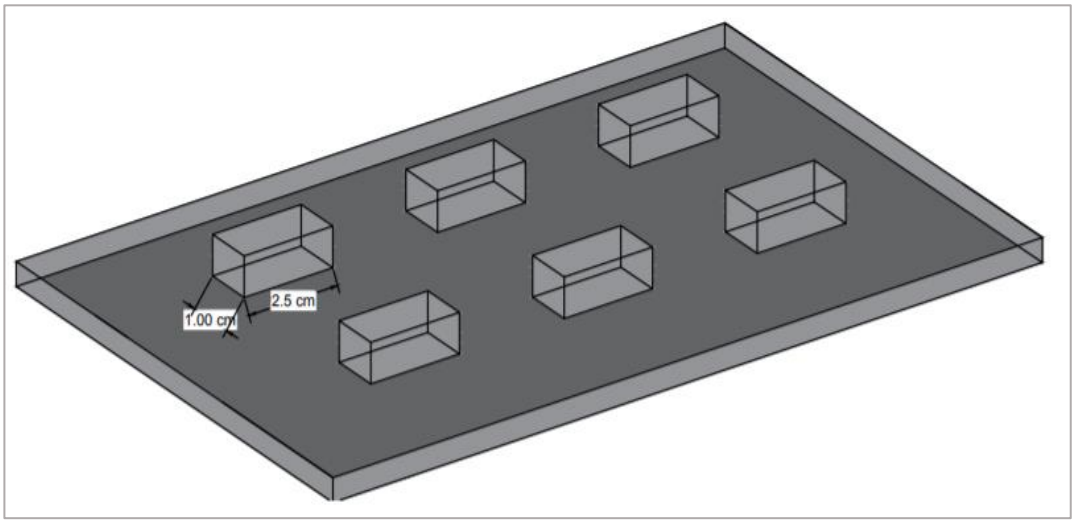


Figura 3. Tapa del molde del ladrillo PET-Aserrín
Fuente: Elaboración propia

d) Determinación de la cantidad de materiales para la elaboración de los ladrillos

La cantidad de material utilizado para cada ladrillo PET – Aserrín fue determinada por el tamaño del molde (20 x 10 x 8 cm). Para ello fue necesario determinar su volumen, el cual fue de 1 800 cm^3.

e) Elaboración del ladrillo

- El aserrín recolectado contenía un alto porcentaje de humedad (80% aprox.), por lo cual fue necesario minimizarlo mediante exposición al aire libre.

- El aserrín fue seleccionado, tamizada con el tamiz Nº 30 mm, cuidando de no presentar: astillas y corteza.
- Se realizó el análisis de laboratorio de la muestra de Aserrín para determinar el contenido de Lignina, Celulosa y Humedad.
- Posteriormente fue pesado, empaquetado y almacenado en bolsas plásticas con los porcentajes antes ya mencionados para luego ser utilizados en los diferentes ensayos realizados.
- Los moldes fueron aceitados para que la mezcla no se adhiera y se colocó papel aluminio a los bordes. Luego de este procedimiento se vertió el PET picado y se introdujo a la mufla a una temperatura constante de 300° C, cuando el PET alcanzo un punto de fusión fue retirado de la mufla y se mezcló con el aserrín, distribuyéndola uniformemente con la ayuda de una varilla.
- Los moldes fueron colocados en la prensa mecánica manual y sometidas a una presión de 3 kg a 5 kg aproximadamente por espacio de 30 minutos a temperatura ambiente, esta acción se realizó para evitar que la mezcla forme burbujas de aire y se produzcan rajaduras en el ladrillo.
- Una vez retirado el molde de la prensa mecánica manual, estos permanecieron al aire libre hasta enfriarse, para luego ser desmoldados y almacenados

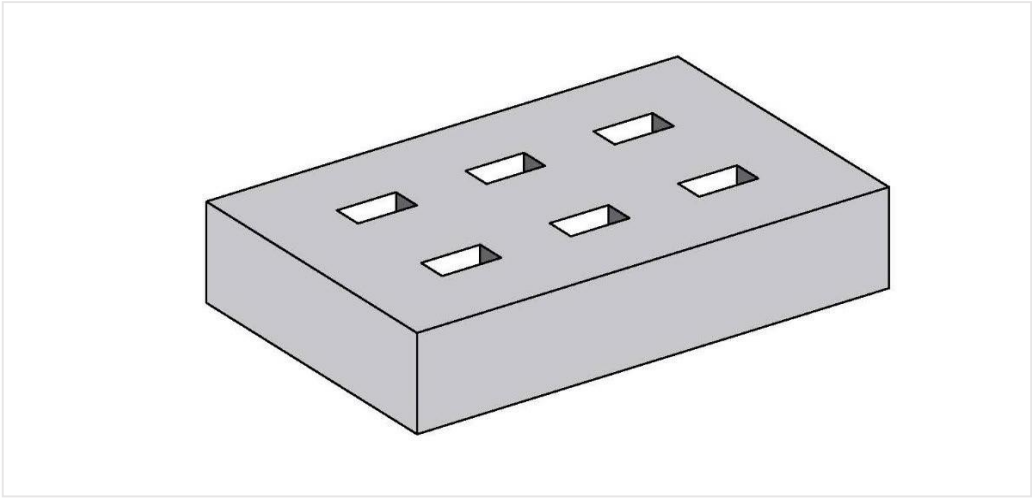


Figura 4. Ladrillo ecológico PET – Aserrín
Fuente: Elaboración propia

f) Determinación de las propiedades físico-mecánicas

Se seleccionaron 4 muestras de cada tratamiento, teniendo un total de 16 unidades experimentales.

Para determinar y conocer las propiedades físicas de los ladrillos PET- aserrín (Ensayo de Muestreo, resistencia a la comprensión, variación dimensional, alabeo, absorción de agua) se utilizó la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería (NTP E0.70) y las cuales realizó en el laboratorio de Mecánica de Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniera Civil.

g) Elaboración del informe final

Se elaboró el informe final, procesando los datos obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio.

3.5.1. Flujo de producción de ladrillo ecológico PET – Aserrín.

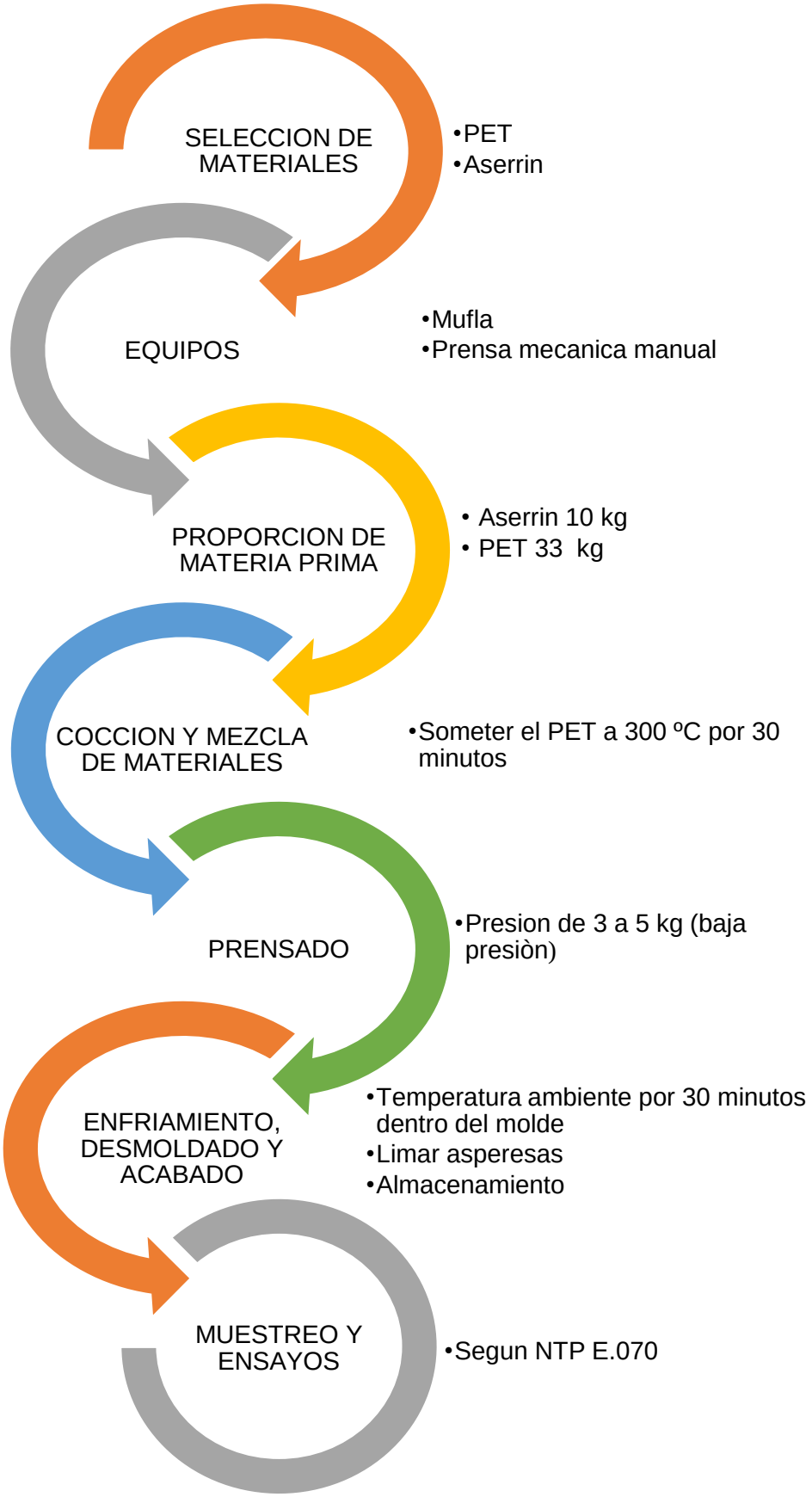


Figura 5. Flujograma de proceso de elaboración del ladrillo ecológico.
Fuente: Elaboración propia

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS

- Etapa de Laboratorio

  Se determinó la cantidad de material adecuado para elaborar los ladrillos PET – Aserrín, a fin de obtener muestras en diferentes proporciones, ser comparados y ver cuál es el de mayor confiabilidad y resistencia guiándonos de la NTP E.070.

- Análisis de datos

  En el análisis estadístico se utilizó el análisis de varianza mediante el ANOVA y en caso en caso de existir diferencias entre tratamientos, se aplicará la prueba de Tukey a un nivel de significancia de α=0.95%.

Diseño a utilizar

Tabla 7. Análisis de Varianza

Fuente de Variación	**Grados de libertad**		
TRATAMIENTO	t -1	4 – 1	3
ERROR	t (r – 1)	4 (4 – 1)	12
TOTAL	(r.t) – 1	(4.4) - 1	15

Para el procedimiento estadística se empleó el diseño estadístico completamente al azar con cuatro 4 tratamientos x 4 repeticiones, haciendo un total de 4 tratamientos con 16 repeticiones.

Tabla 8. Tratamientos del ladrilló ecológico PET – Aserrín

Tratamientos	***PET (%)***	***ASERRÍN (%)***	***PET (g)***	***ASERRÍN (g)***
1	100	0	850	0
2	98	2	833	17
3	96	4	816	34
4	94	6	799	51

- Características del experimento:
  - Número de tratamientos: 4
  - Número de repeticiones: 4
  - Número de unidades experimentales: 16

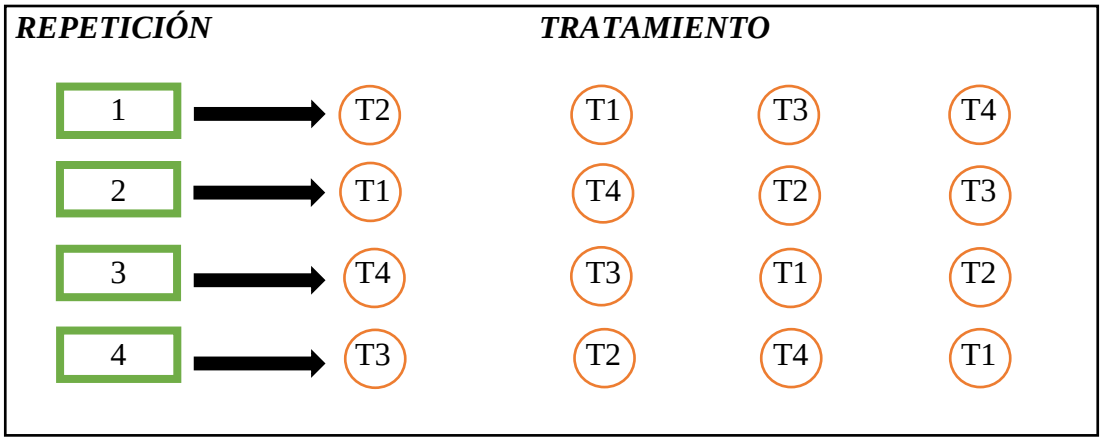


Figura 6. Muestras Ladrillo PET – Aserrín sometidas a prueba.

Luego fueron tabulados a fin de obtener los resultados esperados para el análisis respectivo, en esta fase se utilizó software estadístico MiniTab versión 17.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, el presente estudio da a conocer en la Tabla 9 los resultados de cada unidad experimental representada en cuatro tratamientos por cuatro repeticiones, aplicando las pruebas basadas en la NTP E.070 (Variación Dimensional, Alabeo, Absorción y Resistencia a la Compresión).

Tabla 9. Resumen de los datos

TRATAMIENTOS	Variación Dimensional (mm)	Alabeo (mm)	Absorción (%)	Resistencia a la comprensión (kg/cm2)
T1	0,27	2,25	0,60	7,70
T2	0,31	2,00	1,30	9,70
T3	0,13	0,90	1,50	15,80
T4	0,12	0,75	2,61	20,70

Se detalla los resultados validados por el programa estadístico MiniTab versión 17, donde se obtuvo un análisis ANOVA y Tukey que se detalla a continuación:

4.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL

Esta prueba se refiere a las dimensiones de la unidad estructural, según la norma E.070 del RNE, se expresan como: largo x ancho x altura en centímetros, esta prueba de es necesaria efectuarla para determinar el espesor. Para ello se hizo las evaluaciones correspondientes, analizándolo con el programa estadístico MiniTab y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10. ANOVA: Variación Dimensional (mm) vs. Tratamientos, Repeticiones

FACTOR	VALORES
Tratamientos	PET 100% - ASR 0%, PET 98% -ASR 2%, PET 96% - ASR 4%, PET 94 % - ASR 6%
Repeticiones	Repeticiones 1, 2, 3, 4

Tabla 11. Análisis de varianza de Variación Dimensional

FUENTE	gl	SC	MC	F	P	F TAB.
Tratamientos	3	0,118269	0,039423	**4,43**	0,036	**3,863**
Repeticiones	3	0,018119	0,006040	**0,68**	0,586	**3,863**
Error	9	0,080006	0,008890			
Total	15	0,216394				

S = 0,0942846 R-cuad. = 63,03% R-cuad. (ajustado) = 38,38%

Como se puede observar en el Tabla 11 (ANOVA) el valor de F tab. (3,863) de los tratamientos es menor que el valor de F calculada (4,43) a un alfa 5% (α=0,05). El valor de F tab. (3,863) de las repeticiones es mayor que el valor de F calculada (0,68) a un alfa 5% (α=0,05).

Al analizar los resultados del Tabla 11 podemos decir que existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero, no existen diferencias significativas entre las repeticiones, esto significa que la diferencia entre los tratamientos se mantiene en cada repetición. Debido a que la F calculada de los tratamientos fue mayor a la F tabulada y haciendo el grafico de distribución observamos que cae en la zona de rechazo a un α= 0,05; por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a) que nos dice que al menos una media de los tratamientos es diferente a las demás.

Para identificar la diferencia entre las medias de los tratamientos se realizó la prueba de Tukey, que a continuación, se detalla.

Tabla 12. ANOVA unidireccional: Variación Dimensional (mm) vs. Tratamientos

MÉTODO

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	α = 0,05

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Análisis con la prueba Tukey

Método de Tukey con una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
T2 (PET 98% - ASR 2%)	4	0,3125	a
T1 (PET 100% - ASR 0%)	4	0,2675	a b
T3 (PET 96% - ASR 4%)	4	0,1275	a b
T4 (PET 94 % - ASR 6%)	4	0,1150	b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la prueba de Tukey: Variación Dimensional (mm) vs. Tratamientos; observamos que el tratamiento PET 98% - ASR 2% es significativamente diferente a los tratamientos PET 100% - ASR 0%, PET 96% - ASR 4% y PET 94 % - ASR 6%; de igual manera el tratamiento PET 100% - ASR 0% con el tratamiento PET 96% - ASR 4% son significativamente diferentes a los demás tratamientos, pero guardan similitud entre sí; como del mismo modo el tratamiento PET 94% - ASR 6% es diferente a los demás tratamientos.

De los cuatro tratamientos el que se comportó mejor fue el tratamiento PET 98% - ASR 2% y el tratamiento PET 94% - ASR 6% obtuvo un comportamiento bajo de acuerdo al parámetro evaluado.

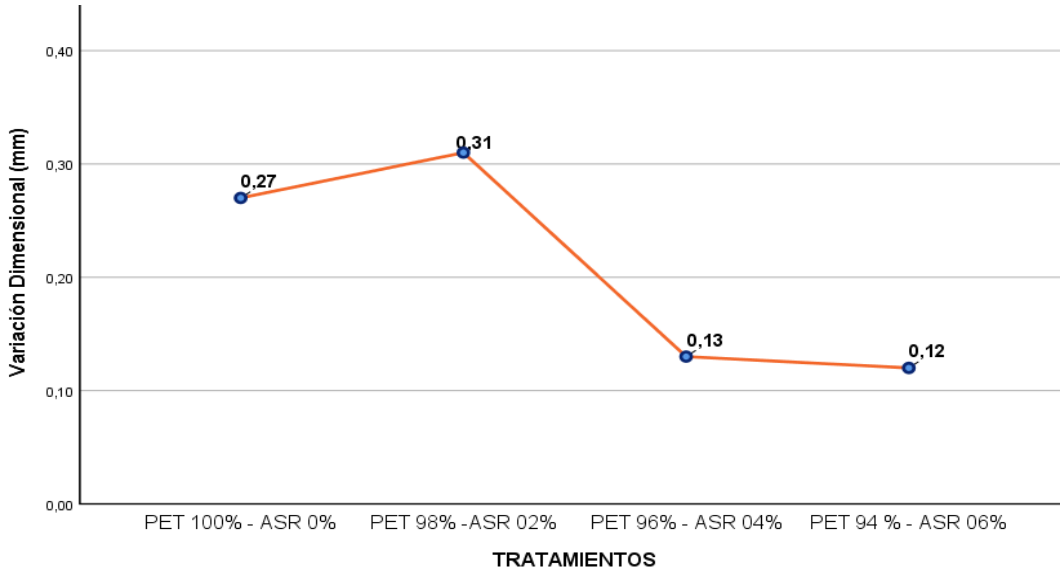


Figura 7. Variación Dimensional (mm)

4.2. ALABEO

El efecto de esta prueba es semejante al de la variación dimensional, puesto que el alabeo (concavidad o convexidad) define si la unidad estructural es lo más uniforme posible. Para ello se hizo las evaluaciones correspondientes, analizándolo con el programa estadístico MiniTab y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13. ANOVA: Alabeo vs. Tratamientos, Repeticiones

FACTOR	VALORES
Tratamientos	PET 100% - ASR 0%, PET 98% -ASR 2%, PET 96% - ASR 4%, PET 94 % - ASR 6%
Repeticiones	Repeticiones 1, 2, 3, 4

Tabla 14. Análisis de varianza de Alabeo

FUENTE	gl	SC	MC	F	P	F TAB.
Tratamientos	3	7,6875	2,5625	**4,15**	0,042	**3,863**
Repeticiones	3	0,1875	0,0625	**0,10**	0,957	**3,863**
Error	9	5,5625	0,6181			
Total	15	13,4375				

S = 0,786165 R-cuad. = 58,60% R-cuad. (ajustado) = 31,01%

Como se puede observar en la Tabla 14 (ANOVA) el valor de F tab. (3,863) de los tratamientos es menor que el valor de F calculada (4,15) a un alfa 5% (α=0,05). El valor de F tab. (3,863) de las repeticiones es mayor que el valor de F calculada (0,10) a un alfa 5% (α=0,05).

Al analizar los resultados de la Tabla 14 podemos decir que existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero, no existen diferencias significativas entre las repeticiones, esto significa que la diferencia entre los tratamientos se mantiene en cada repetición. Debido a que la F calculada de los tratamientos fue mayor a la F tabulada y haciendo el grafico de distribución observamos que cae en la zona de rechazo a un α= 0,05; por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a) que nos dice que al menos una media de los tratamientos es diferente a las demás.

Para identificar la diferencia entre las medias de los tratamientos se realizó la prueba de Tukey, que a continuación, se detalla.

Tabla 15. ANOVA unidireccional: Alabeo vs. Tratamientos

MÉTODO

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	α = 0,05

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Análisis con la prueba Tukey

Método de Tukey con una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
T1 (PET 100% - ASR 0%)	4	2,500	a
T2 (PET 98% - ASR 2%)	4	2,250	a b
T3 (PET 96% - ASR 4%)	4	1,000	a b
T4 (PET 94% - ASR 6%)	4	1,000	b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Haciendo la comparación de Tukey observamos que el tratamiento PET 100% - ASR 0% es significativamente diferente a los demás tratamientos, siendo el que mejor comportamiento obtuvo; el tratamiento PET 98% - ASR 2% no existe diferencia significativa entre los demás tratamientos; los tratamientos PET 96% - ASR 4% y PET 94% - ASR 6% son diferentes a los demás tratamientos, pero obtuvieron menor comportamiento a las evaluaciones de acuerdo al parámetro evaluado, siendo el tratamiento PET 94% - ASR 6% que menor valor obtuvo seguido del tratamiento PET 96% - ASR 4%.

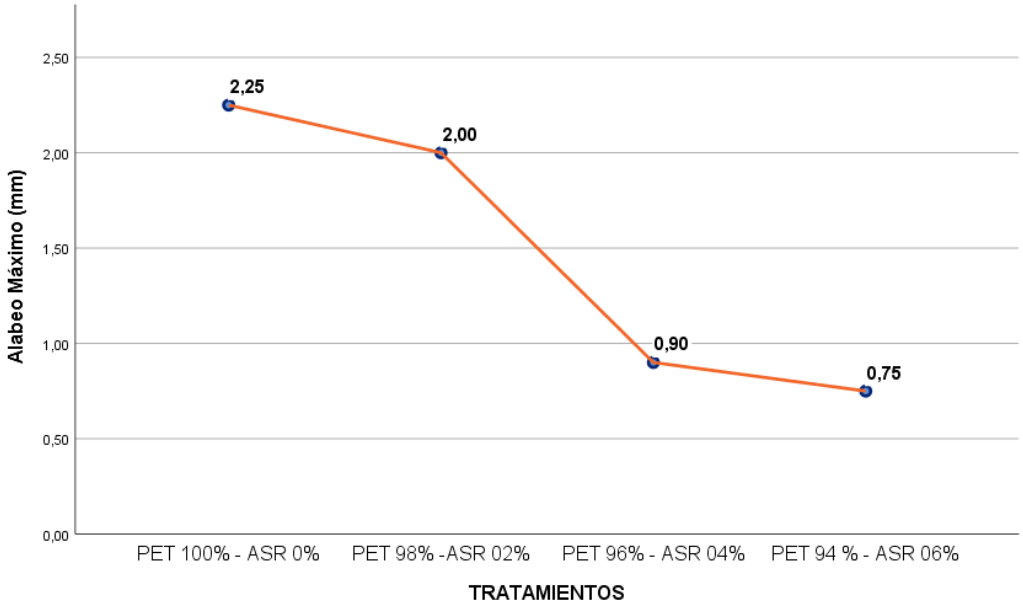


Figura 8. Alabeo (mm)

4.3. ABSORCIÓN

Es la medida de permeabilidad de la unidad estructural. Las Normas limitan dicho valor debido a que la principal causa de la durabilidad es el intemperismo. Este aspecto pierde importancia cuando los muros tienen recubrimiento suficiente para protegerlos. Para ello se hizo las evaluaciones correspondientes, analizándolo con el programa estadístico MiniTab y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16. ANOVA: Absorción (%) vs. Tratamientos, Repeticiones.

FACTOR	VALORES
Tratamientos	PET 100% - ASR 0%, PET 98% -ASR 2%, PET 96% - ASR 4%, PET 94 % - ASR 6%
Repeticiones	Repeticiones 1, 2, 3, 4

Tabla 17. Análisis de varianza de Absorción

FUENTE	gl	SC	MC	F	P	F TAB.
Tratamientos	3	9,6665	3,2222	**9,78**	0.003	**3.863**
Repeticiones	3	0,5094	0,1698	**0,52**	0.682	**3.863**
Error	9	2,9656	0,3295			
Total	15	13,1415				

S = 0,574031 R-cuad. = 77,43% R-cuad. (ajustado) = 62,39%

Como se puede observar en el Tabla 17 (ANOVA) el valor de F tab. (3,863) de los tratamientos es menor que el valor de F calculada (9,78) a un alfa 5% (α=0,05). El valor de F tab. (3,863) de las repeticiones es mayor que el valor de F calculada (0,52) a un alfa 5% (α=0,05).

Al analizar los resultados del Tabla 17 podemos decir que existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero, no existen diferencias significativas entre las repeticiones, esto significa que la diferencia entre los tratamientos se mantiene en cada repetición. Debido a que la F calculada de los tratamientos fue mayor a la F tabulada y haciendo el grafico de distribución observamos que cae en la zona de rechazo a un α= 0,05; por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a) que nos dice que al menos una media de los tratamientos es diferente a las demás.

Para identificar la diferencia entre las medias de los tratamientos se realizó la prueba de Tukey, que a continuación, se detalla.

Tabla 18. ANOVA unidireccional: Absorción (%) vs. Tratamientos

MÉTODO	
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	α = 0,05

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Análisis con la prueba Tukey

Método de Tukey con una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
T4 (PET 94% - ASR 6%)	4	2,605	a
T3 (PET 96% - ASR 4%)	4	1,500	a b
T2 (PET 98% - ASR 2%)	4	0,785	b
T1 (PET 100% - ASR 0%)	4	0,6400	b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Haciendo la comparación de Tukey observamos que el tratamiento que mejor desempeño tuvo fue el PET 94% - ASR 6%; el tratamiento PET 96% -

ASR 4% no es significativamente diferente a los tratamientos PET 98% -ASR 2% y PET 100% - ASR 0% el efecto sigue siendo el mismo entre estos tratamientos; el tratamiento PET 100% - ASR 0% y el tratamiento PET 98% - ASR 2% son significativamente diferentes a los demás tratamientos siendo el tratamiento PET 100% - ASR 0% el de menor valor obtuvo en las evaluaciones seguido del tratamiento PET 98% -ASR 2%.

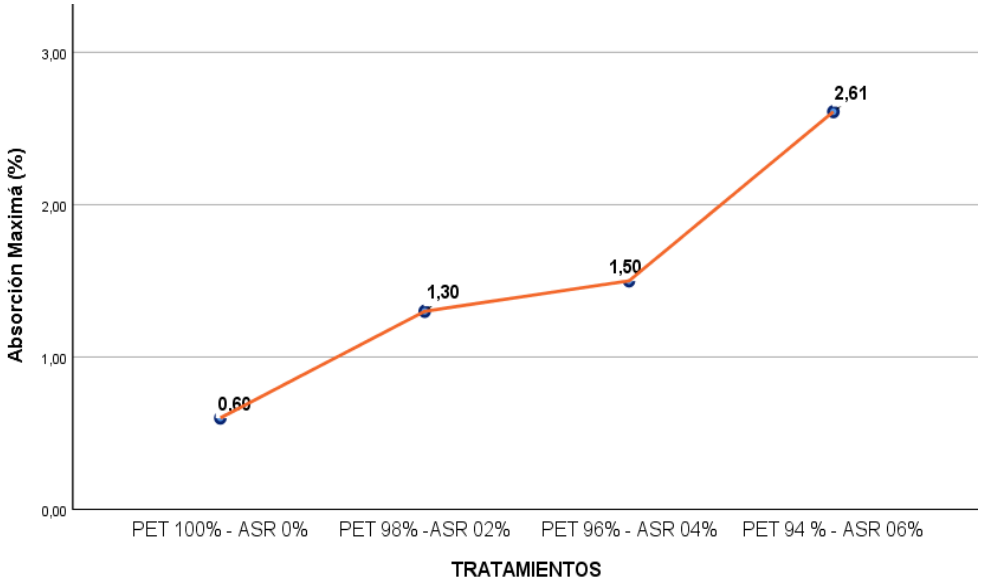


Figura 9. Absorción (%)

4.4. RESISTENCIA A LA COMPRENSIÓN

La resistencia a la compresión de la unidad estructural es por sí sola, su principal propiedad y la que finalmente determina su calidad. Para ello se hizo las evaluaciones correspondientes, analizándolo con el programa estadístico MiniTab y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19. ANOVA: Absorción (%) vs. Tratamientos, Repeticiones.

FACTOR	VALORES
Tratamientos	PET 100% - ASR 0%, PET 98% -ASR 2%, PET 96% - ASR 4%, PET 94 % - ASR 6%
Repeticiones	Repeticiones 1, 2, 3, 4

Tabla 20. Análisis de varianza de Resistencia a la comprensión

FUENTE	gl	SC	MC	F	P	F TAB.
Tratamientos	3	425,297	141,766	**204,78**	0,000	**3,863**
Repeticiones	3	0,697	0,232	**0,34**	0,800	**3,863**
Error	9	6,231	0,692			
Total	15	432,224				

S = 0,832041 R-cuad. = 98,56% R-cuad. (ajustado) = 97,60%

Como se puede observar en el Tabla 20 (ANOVA) el valor de F tab. (3,863) de los tratamientos es menor que el valor de F calculada (204,78) a un alfa 5% (α=0,05). El valor de F tab. (3,863) de las repeticiones es mayor que el valor de F calculada (0,34) a un alfa 5% (α=0,05).

Al analizar los resultados del Tabla 20 podemos decir que existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero, no existen diferencias significativas entre las repeticiones, esto significa que la diferencia entre los tratamientos se mantiene en cada repetición. Debido a que la F calculada de los tratamientos fue mayor a la F tabulada y haciendo el grafico de distribución observamos que cae en la zona de rechazo a un α= 0,05; por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a) que nos dice que al menos una media de los tratamientos es diferente a las demás.

Para identificar la diferencia entre las medias de los tratamientos se realizó la prueba de Tukey, que a continuación, se detalla.

Tabla 21. ANOVA unidireccional: Resistencia vs. Tratamientos

MÉTODO	
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	α = 0,05

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Análisis con la prueba Tukey

Método de Tukey con una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
T4 (PET 94% - ASR 6%)	4	20,750	a
T3 (PET 96% - ASR 4%)	4	15,800	b
T2 (PET 98% - ASR 2%)	4	9,725	c
T1 (PET 100% - ASR 0%)	4	7,650	d

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Haciendo la comparación de Tukey podemos observar que los valores analizados de los tratamientos son diferentes entre sí, siendo el tratamiento PET 94 % - ASR 6% el de mejor comportamiento, seguido por los tratamientos PET 96% - ASR 4%, PET 98% - ASR 2%, PET 100% - ASR 0% siendo esta ultima la que menor comportamiento obtuvo.

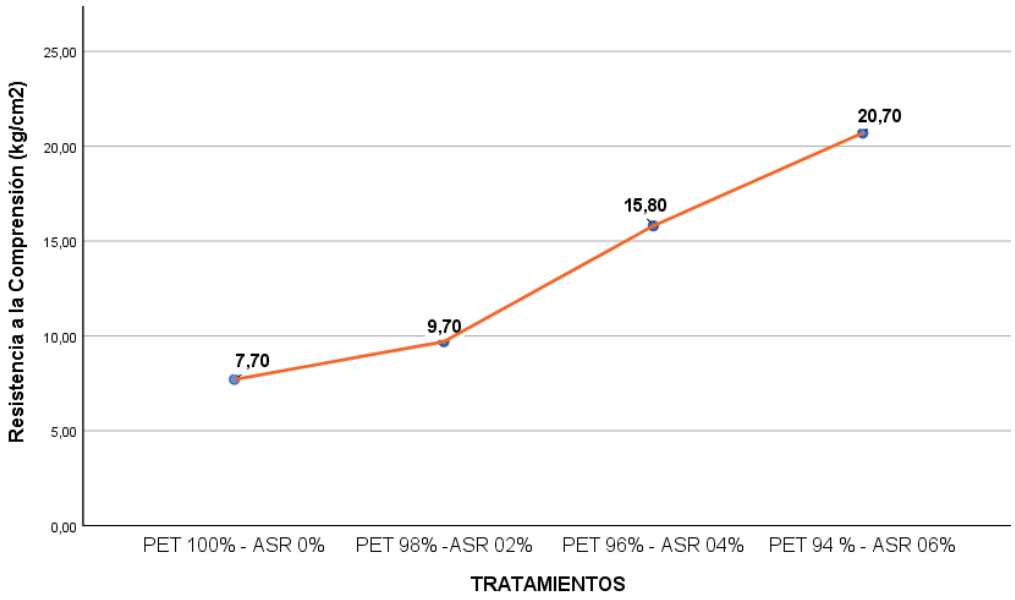


Figura 10. Resistencia a la comprensión (kg/cm^2)

4.5. RESUMEN DE ANÁLISIS DE TUKEY POR TRATAMIENTO

En la tabla 22 se presenta el resumen de los análisis de Tukey en todas las pruebas evaluadas.

Tabla 22. Análisis Tukey a todos los tratamientos.

	TRATAMIENTOS	TUKEY
Variación Dimensional	PET 98% - ASR 2%	a
	PET 100% - ASR 0%	a b
	PET 96% - ASR 4%	a b
	PET 94 % - ASR 6%	b
Alabeo	PET 100% - ASR 0%	a
	PET 98% - ASR 2%	a b
	PET 96% - ASR 4%	b
	PET 94 % - ASR 6%	b
Absorción	PET 94 % - ASR 6%	a
	PET 96% - ASR 4%	a b
	PET 98% -ASR 2%	b
	PET 100% - ASR 0%	b
Resistencia a la Comprensión	PET 94 % - ASR 6%	a
	PET 96% - ASR 4%	b
	PET 98% - ASR 2%	c
	PET 100% - ASR 0%	d

Con la elaboración del ladrillo ecológico teniendo como base el PET – Aserrín de la especie Huayruro estamos corroborando con Molina, S. (2007) donde analizó el ladrillo con una combinación de 70% PET y 30% PEAD lo que lo hace liviano y que clasifica como un material frágil, según lo observado en nuestro ladrillos ecológicos son livianos y frágiles y esto se debe al peso específico de la materia prima que en este caso es el PET.

Según Gaggino, R**.** (2008) Concluyo que esta tecnología con plásticos reciclados es una alternativa más ecológica, más livianos, con una resistencia mecánica suficiente para su aplicación en la construcción de cerramientos no portantes, esta conclusión podemos afirmar ya que la prueba de resistencia a la comprensión realizadas al ladrillo ecológico a base de PET – Aserrín no llego a cumplir con los requerimientos establecidos en la norma técnica llegando así a la determinación así que son ladrillo para construcciones no portantes.

Zavala, G. (2015) Estudio la geometría irregular de las partículas plásticas que influye directamente en el comportamiento de la mezcla; por tanto, según nuestro estudio es comprobado que a más grandes las partículas es más dificultoso la adherencia del aserrín a la mescla y entre más fina sea la partícula habrá mayor adherencia.

4.6. SEGÚN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES 070

Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio fueron comprados con las NTP 070 donde se puede observar que los ladrillos ecológicos PET- Aserrín clasifica como Bloques no portantes ya que sus resultados son desfavorables.

Tabla 23. Resumen de la clasificación del tipo de ladrillo según la Norma Técnica E0.70.

Propiedades		**Según la Norma E0.70 del RNE**		
Variación dimensional	Largo	2,59	%	Bloque NP
	Ancho	2,30	%	Bloque P
	Alto	1,25	%	Bloque P
Alabeo		2,40	mm	Bloque P
Absorción		1,60	%	
Resistencia a la comprensión		6,20	Kg/cm ²	
Tipo de Ladrillo		BLOQUE NP	Norma E.070	

4.7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para la fabricación de los ladrillos PET – Aserrín se realizó los siguientes gastos:

Tabla 24. Gasto para la fabricación del Ladrillo PET- Aserrín.

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR POR UNIDAD	TOTAL
PET picado	33	Kg	3,00	99,00
Aserrín de huayruro	10	Kg	5,00	5,00
Prensa	1	Unidad	100,00	100,00
Electricidad	20	Kw/h	0,6326	12,65
		TOTAL		**216,65**

Fuente: Elaboración Propia

Se calculó el costo de energía que consume la Mufla basándonos en el recibo de Electro Ucayali, siendo el costo en soles de S/ 0,6326 kw/Hora.

El tiempo de cocción del PET en la mufla es de 30 minutos, procediendo a dividir el valor de los kw/Hora (0,6326 kw/Hora) en la ciudad de Pucallpa, entre dos obteniendo un resultado de 0,3163 kw por ladrillo fabricado.

En la tabla 24, se muestra el gasto en soles para producir 40 ladrillos PET- Aserrín.

Para determinar el valor promedio de cada ladrillo se realizó la siguiente operación:

X = 825g *0,003 = 2,48 valor en soles del PET picado para cada ladrillo

Donde: 825g es la cantidad promedio en kg de PET utilizado.

0,003 es el precio en gramos.

Para determinar el valor de cada ladrillo fabricado se realizó la siguiente operación:

2,48 + 0,3163 = 2,80 Valor del ladrillo por unidad.

Donde: 2,48 es el valor en soles del PET picado para cada ladrillo

0,3163 es el precio en soles de electricidad gastada en cada ladrillo.

El valor del ladrillo PET - Aserrín es superior al valor del ladrillo convencional que tiene un valor promedio de s/. 1,00 la unidad en la ciudad de Pucallpa, esto se debe a que se fabricaron solo 40 ladrillos PET – Aserrín, lo contario pasa con las fábricas de ladrillos donde ellos producen miles de millares y eso hace que el valor unitario sea inferior.

Ventajas del ladrillo PET – Aserrín de Huayruro *(Ormosia coccinea)*

- Las materias primas para su fabricación son plásticos de botella de gaseosa reciclado y el aserrín de especie maderable huayruro.
- La técnica de fabricación es muy simple y puede ser realizada por personal no calificado.
- No es necesaria una infraestructura de gran envergadura para producir ladrillos ecológicos.
- Ahorro de materiales, ya que para elaborar los ladrillos ecológicos no se utiliza ningún tipo de pegamentos, ni aditivos.
- Hay un “ahorro a largo plazo” por la reducción de la contaminación del medio ambiente, mediante el reciclaje de materiales.
- Una de las materias prima (PET) es reciclada mediante un proceso muy simple y barato pues no necesita estar limpio para ser procesado.
- Se les da valor agregado a los materiales, puesto que de “residuo” pasa a ser “materia prima” en este proceso.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Después de haber realizado el trabajo de investigación llegamos a las siguientes conclusiones que se presentan a continuación:

1. Se determinó que en la prueba de Variación Dimensional el tratamiento PET 94% - ASR 6% obtuvo 0,12 mm siendo significativamente diferente a los demás tratamientos siendo el ladrillo con mejor dimensión obtenida, debido a la mezcla de los materiales actuaron de manera homogénea no alterando su estructura.

   Para los resultados de la prueba de Alabeo, el tratamiento PET 94% - ASR 6% obtuvo 0,75 mm siendo significativamente diferente a los demás porque es un ladrillo de menor concavidad.

   Con respecto a la prueba de Absorción, el tratamiento PET 94% - ASR 6% obtuvo 1,30% siendo un valor intermedio entre los demás tratamientos, finalmente con la prueba de Resistencia a la compresión el tratamiento PET 94 % - ASR 6% obtuvo 20,70 kg/cm^2 fue el de mejor comportamiento teniendo una óptima resistencia sobre los demás tratamientos.

2. Se determinó que la proporción más adecuada para el ladrillo ecológico PET – Aserrín es el T4 que contiene 96% de plástico PET y 6% Aserrín.

3. Se determinó que el ladrillo ecológico PET – Aserrín, el T4 presento una Resistencia a la compresión de 54 kg/cm^2, determinando que conforme se aumenta el porcentaje del PET a un 100% la resistencia baja.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar más estudios comparativos de estos ladrillos.
- Continuar con las investigaciones con otro tipo de insumos que puedan ser combinados con el plástico PET y tengan mayor resistencia.
- No es recomendable verter el aserrín directamente a la mufla porque su resistencia a altas temperaturas es baja (se convierte en ceniza).
- Investigar nuevas formas de fundir el plástico PET de manera que al momento de ser mezclado con otro insumo sea más homogéneo.
- Trabajar con las Municipalidades Distritales con el Programa de Segregación para coordinar la obtención de las botellas PET.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aitken, Y.; Cadel, F.; y Voiltot, C. (1988). Constituants fibreux des pates, papiers et cartons.

Ambientum. (2000). Revista Ambientum. Reciclado de envases PET. Obtenido de http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=305

Angumba, P. (2016). Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante. Cuenca, Ecuador. Tesis de Postgrado. Universidad de Cuenca.

Argueta, A. (2006). Proyecto de inversión en una planta recicladora de PET en el Estado de Puebla. México. Universidad de las Americas Puebla.

Bolaños, K. (2011). Cuarto Informe Nacional de Residuos Solidos Municipales y no Municipales - MINAM.

Catálogo de bienes-Ficha estándar N° 83-MEF. (2016). Ficha estándar de la familia del catálogo de bienes, servicio y obras del MEF. Obtenido https://www.mef.gob.pe/contenidos/doc_siga/catalogo/ctlogo_familias_madera_huaruro.pdf

CEMU. (s.f.). Consorcio Exportador de Madera de Ucayali. Obtenido de http://www.cemuperu.com/categoria/huayruro/

EcuRed. (s.f.). Granulometría. Obtenido de https://www.ecured.cu/Granulometr%C3%ADa

Escuela Colombiana de Ingenieria . (2007). Plásticos. Facultad de Ingenieria Industial.

Gaggino, R. (2008). Componentes Constructivos Elaborados con una mezcla cementicia y agregados de plásticos reciclados.

Gellerstedt, G. & Henriksson, G. (2008). Lignins: Major sources, structure and properties. Amsterdam: M. Naceur Belgacem, & A. Gandini.

Junta del acuerdo de Cartagena. (1989). Manual Andino Secado Madera. Obtenido de https://es.scribd.com/document/62955162/Manual-Andino-Secado-Madera

Lu, F. & John, R. (2010). Lignin. In S. Run-Cang, Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biochemicals. Amsterdam.

Luis, A., Rendón, N., & Korody, E. (2008). Diseños de mezcla de Tereftalato de Polietileno (PET) - Cemento. Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

Mendoza, S. (2010). Casi un tercio de la producción de ladrillos es informal. Obtenido de http://elcomercio.pe/economia/619321/noticia-casi-tercio-produccion-ladrillos-informal_1.

MINAG - DGFFS. (2012). Perú forestal en números año 2012. Ministerio de Agricultura. Lima.

Molina, S; Vizcaíno, A; Ramírez, F. (2007). Estudio de las características físico - mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado en el municipio de Acacias (META). Bogotá, Colombia.

NTP 331.017. (2003). Norma Técnica Peruana 331.017. Ladrillos de arcilla usados en albañilería.

NTP E 0.70. (2006). Norma Técnica de Estructuras E.070 - Albañilería. Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima.

Pardave, A. (2004). Envases y medio ambiente. Bogotá: Eco ediciones.

Pastor, A; Salazar, JP; Seminario, R; Tineo, A; Zapata, JC. . (2015). Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico peciclado. Informe Final. Piura, Perú. Universidad de Piura.

Pérez, W. (2017). Rendimiento de la madera aserrada comercial de Calophyllum brasiliense cam. (lagarto caspi) en la fabricación de ladrillos de madera maciza y otros elementos estructurales.

Plásticos Mecanizables. (2017). Politereftalato PET. Obtenido de http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_pet.html

Rámirez, D. (2011). Propuesta de un material compuesto con base al PET reciclado con aplicaciones en construcción. Bucaramanga - Colombia. Universidad. Industrial de Santander.

Reyes, J. (2013). "Reacción asistida por microondas para la obtención de hidrocarburos a partir de aserrín de madera". Quito.

Reyna, C. (2016). Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. Tesis M. Sc. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo.

Rivera, L. (2013). Materiales alternativos para la elaboración de tabiques ecológicos.

Sustainable Forestry for Bioenergy & Bio-based Products. (2007). Obtenido de http://learn.forestbioenergy.net

Sutlz, R. (2004). Appropiate Building Materials. St. Gallen, CH. SKAT Publications.

TMFB. (s.f.). Humedad de la Madera . Obtenido de https://tmolduras-fbermejo.es/pdfmaderas/p_humedad.pdf

Tsoumis, G. (1982). Science and Technology of Wood. New York.: Van Nostrand Reinhold.

Yomona, J. (2008). «Respiramos partículas 500% más de lo permitido». Pucallpa.

Zavala, G. (2015). Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado.

Zegarra, M. (2017). "Caracterización socioeconómica de la actividad del reciclaje de residuos sólidos en los Distritos de Callería, Yarinacocha, Manantay y Campoverde, Provincia de Coronel Portillo - Ucayali.”.

ANEXOS

ANEXO 1

PRUEBAS DE LABORATORIO

- **Determinación de Contenido de Humedad en Aserrín de Madera la Especie Huayruro (*Ormosia coccinea)***

FORMULA:

$$\%h = \frac{\text{ph} - \text{ps}}{\text{ph}} * 100$$

Donde:

ph = peso húmedo
ps = peso seco

Tabla 25. Peso del aserrín de la especie Huayruro

MUESTRA	W crisol (g)	W seco (g)
1	23,402	24,327
2	25,601	26,521
3	24,960	25,882

Tabla 26. Gramos obtenidos de las muestras de aserrín

MUESTRA	W crisol - W crisol + muestra = g
1	23,402 g – 24,402 g = **1,000 g**
2	25,601 g – 26,602 g = **1,001 g**
3	24,960 g – 25,960 g = **1,000 g**

Tabla 27. Gramos de muestra seca del aserrín

MUESTRA	W crisol con muestra seca – W crisol = Muestra Seca
1	24,327 g – 23,402 g = 0,925 g
2	26,521 g – 25,601 g = 0,920 g
3	25,882 g – 24,960 g = 0,922 g

Tabla 28. Promedio de muestras secas obtenidas

MUESTRA	ph (g)	ps (g)
1	1,000	0,925
2	1,001	0,920
3	1,000	0,922
PROM.	**1,000 g**	**0,922 g**

Aplicación de fórmula:

1) $\%h = \frac{1-0.925}{1} * 100 = 7{,}5\%$

2) $\%h = \frac{1-0.920}{1} * 100 = 8{,}0\%$ **Prom: 7,7%**

3) $\%h = \frac{1-0.922}{1} * 100 = 7{,}8\%$

Tabla 29. Humedad reducida del aserrín (%)

MUESTRA	P humedad	P seco	Humedad	Humedad (%)
1	1,000 g	0,925 g	0,075	7,5%
2	1,001 g	0,920 g	0,080	8,0%
3	1,000 g	0,922 g	0,078	7,8%
PROM.	**1,000 g**	**0,922 g**	**0,077**	**7,7%**

- **Determinación de Celulosa en Madera de la Especie Huayruro (*Ormosia coccinea)***

FORMULA:

$$\%\ celulosa = \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{W}} * 100$$

Donde:

R = peso de residuo seco
W = peso seco de la muestra

Tabla 30. Peso de las muestras del aserrín

MUESTRA	W papel	W papel + muestra
1	0,875 g	1,875 g
2	0,904 g	1,904 g
3	0,873 g	1,873 g

Tabla 31. Porcentaje de celulosa obtenida

MUESTRA	W papel filtro	W papel filtro + muestra	W residuo seco	Muestra Seca	% Celulosa
1	0,875 g	1,875 g	0,923 g	1,386 g	**55,36**
2	0,904 g	1,904 g	0,923 g	1,390 g	**52,65**
3	0,873 g	1,873 g	0,923 g	1,388 g	**55,79**

- **Determinación de Celulosa en Madera de la Especie Huayruro *(Ormosia coccinea)***

FORMULA:

$$\%\ lignina = \frac{W * 100}{R}$$

Donde:

W = peso de muestra
R = peso de lignina

Contenido de humedad:

1) $\%c.h = \frac{1-0.797}{1} * 100 = 20{,}3\%\ (0{,}203)$

2) $\%c.h = \frac{1-0.802}{1} * 100 = 19{,}8\%\ (0{,}198)$

3) $\%c.h = \frac{1-0.794}{1} * 100 = 20{,}6\%\ (0{,}206)$

Peso seco de la muestra:

W = peso de la muestra húmeda (1 – c.h %)

1) W = 1,000 (1 – 0,203) = 0,797
2) W = 1,000 (1 – 0,198) = 0,802
3) W = 1,000 (1 – 0,206) = 0,206

Peso de la lignina:

R = peso seco del horno – peso papel filtro

1) R = 2,463 – 2,260 = 0,203
2) R = 2,480 – 2,282 = 0,198
3) R = 2,262 – 2,468 = 0,206

Tabla 32. Porcentaje de Lignina obtenida

MUESTRA	W papel filtro (g)	W muestra húmeda (g)	W seco del horno (g)	C.H %	R	W	Lignina %
1	1,463	1,000	2,260	0,203	0,797	0,203	**25,4**

2	1,480	1,000	2,282	0,198	0,802	0,198	**24,9**
3	1,468	1,000	2,262	0,206	0,794	0,206	**25,9**

ANEXO 2

RESUMEN DE DATOS OBTENIDOS

Tabla 33. Datos obtenidos por cada prueba según la NTP. E.070

Tratamientos	Repet	Variación Dimensional (mm)	Alabeo (mm)	Absorción (%)	Resistencia a la comprensión (kg/cm^2)
PET 100% - ASR 0%	1	0,32	2	0,72	7,5
PET 98% -ASR 2%	1	0,33	3	0,22	10,5
PET 96% - ASR 4%	1	-0,02	1	2,02	14,7
PET 94 % - ASR 6%	1	0,01	1	3,67	20,3
PET 100% - ASR 0%	2	0,19	2	0,64	7,1
PET 98% -ASR 2%	2	0,23	1	1,51	9,2
PET 96% - ASR 4%	2	0,20	2	1,24	17,2
PET 94 % - ASR 6%	2	0,19	1	2,22	21,7
PET 100% - ASR 0%	3	0,32	3	0,64	8,2
PET 98% -ASR 2%	3	0,37	3	0,72	9,9
PET 96% - ASR 4%	3	0,10	0	1,88	15,3
PET 94 % - ASR 6%	3	0,03	1	1,95	20,0
PET 100% - ASR 0%	4	0,24	3	0,56	7,8
PET 98% -ASR 2%	4	0,32	2	0,69	9,3
PET 96% - ASR 4%	4	0,23	1	0,86	16,0
PET 94 % - ASR 6%	4	0,23	1	2,58	21,0

ANEXO 3

Prototipo de ladrillo ecológico PET - Aserrín

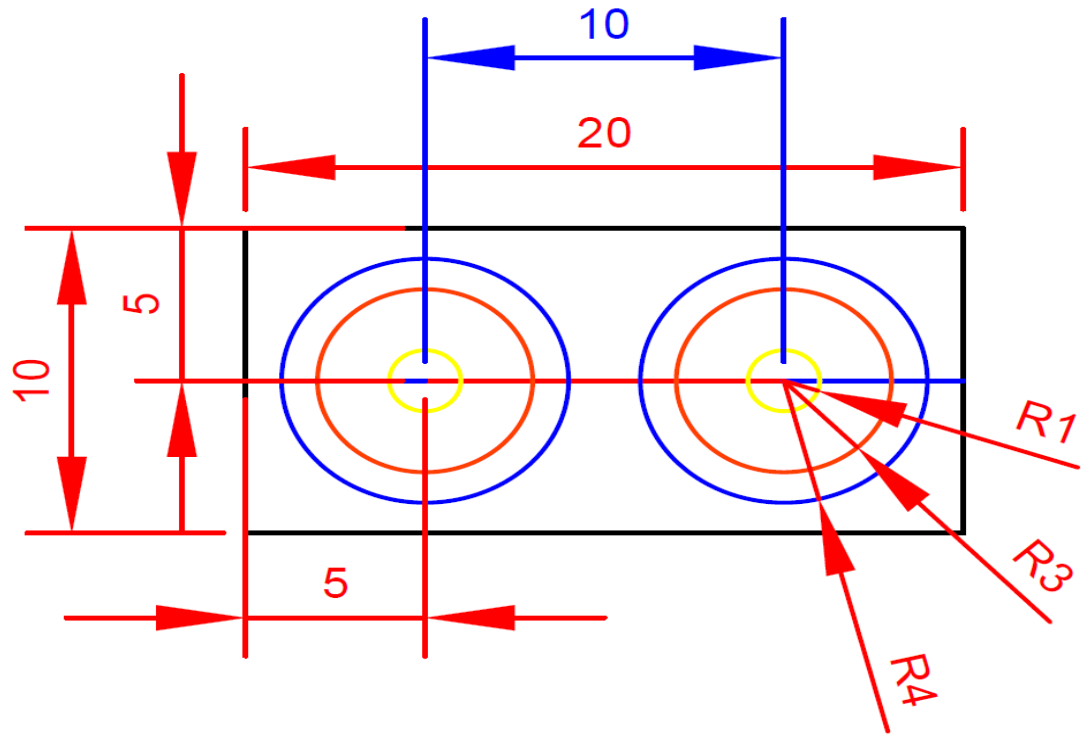


Figura 11. Medidas de Ladrilló Ecológico (Vista Frontal)

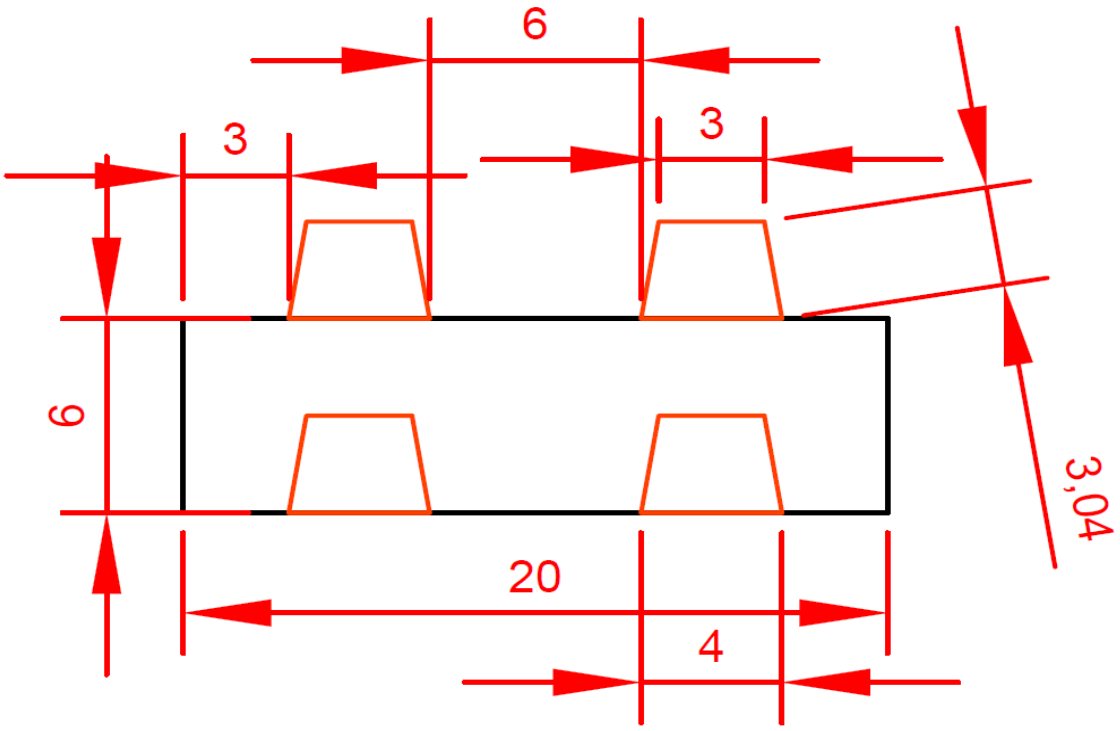


Figura 12. Medidas de Ladrilló Ecológico (Vista Vertical)

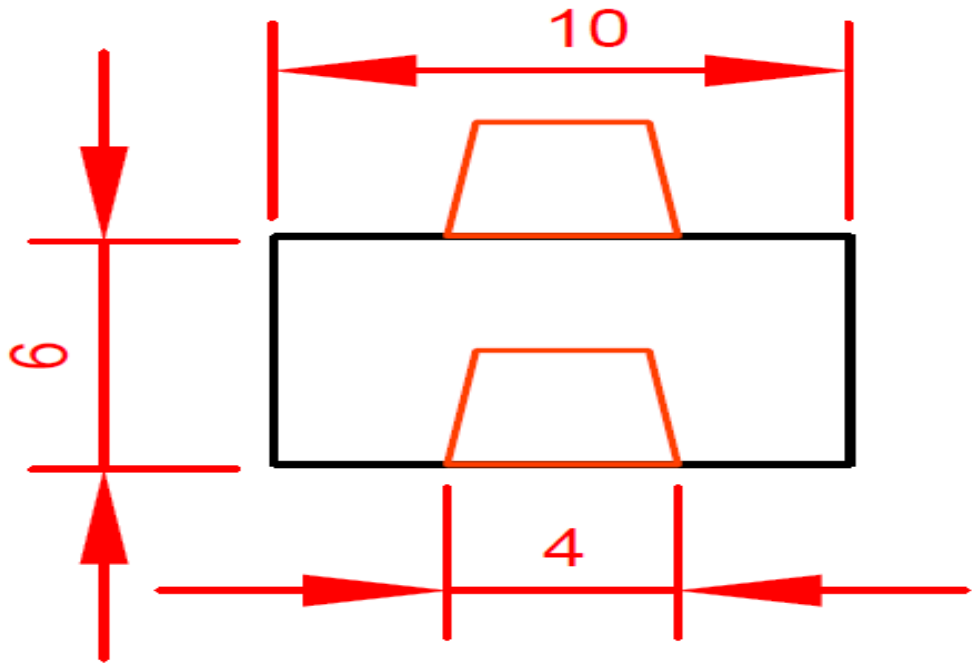


Figura 13. Medidas de Ladrilló Ecológico (Vista Lateral)

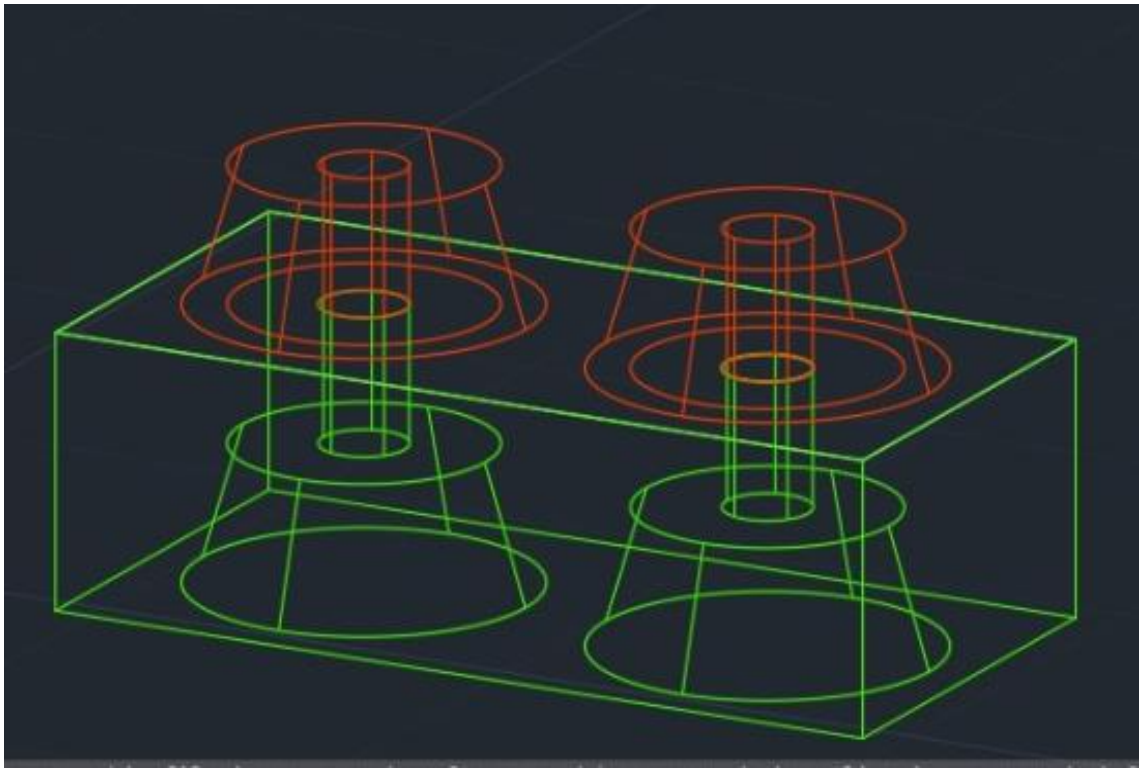


Figura 14. Ladrilló Ecológico

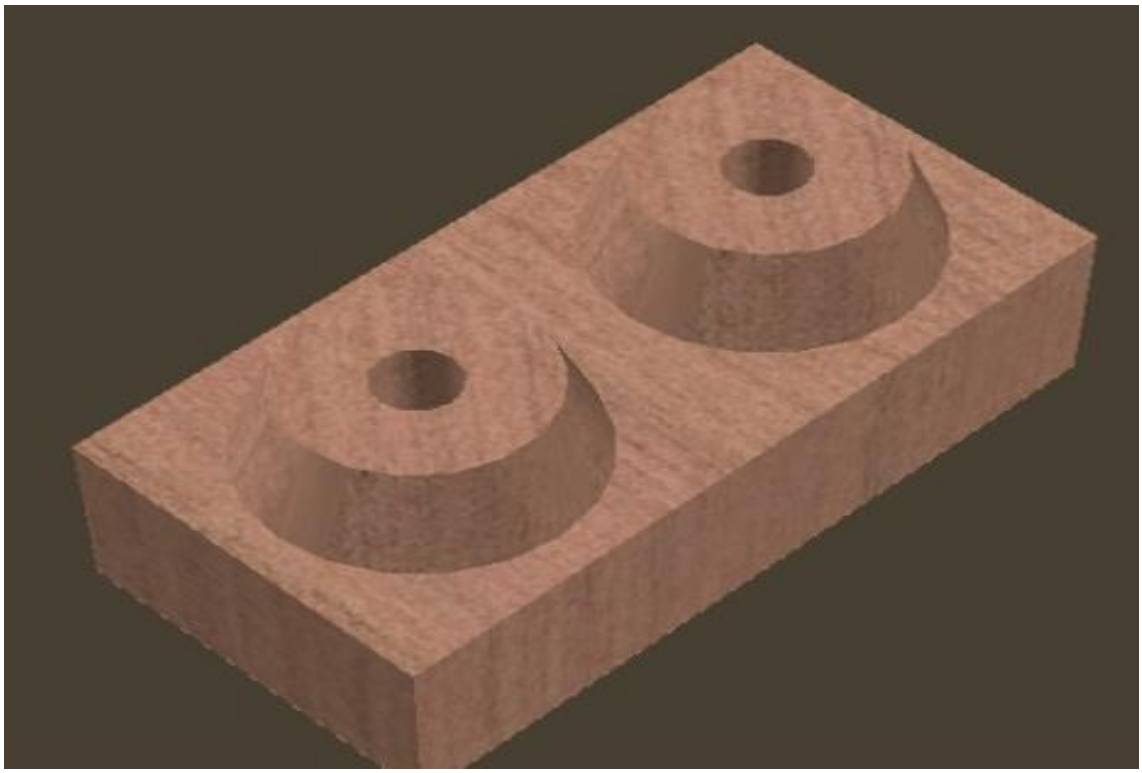


Figura 15. Ladrilló Ecológico (Vista Frontal 3D)

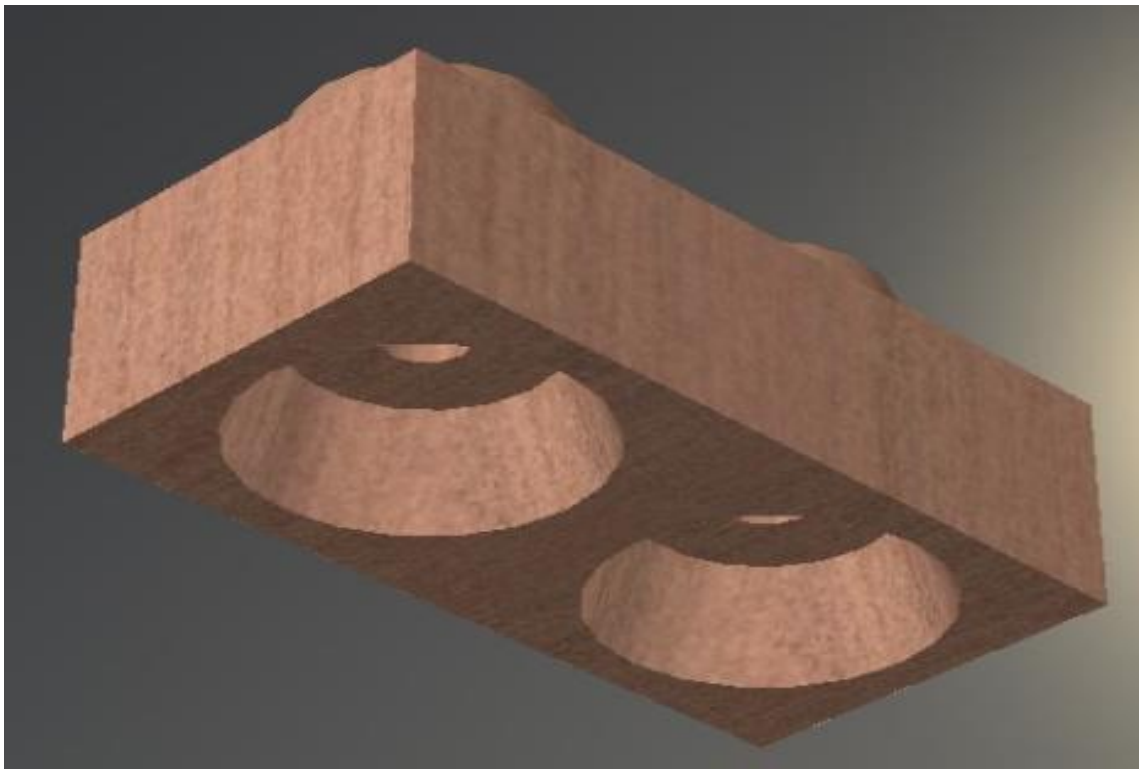


Figura 16. Ladrilló Ecológico (Vista Lateral 3D)

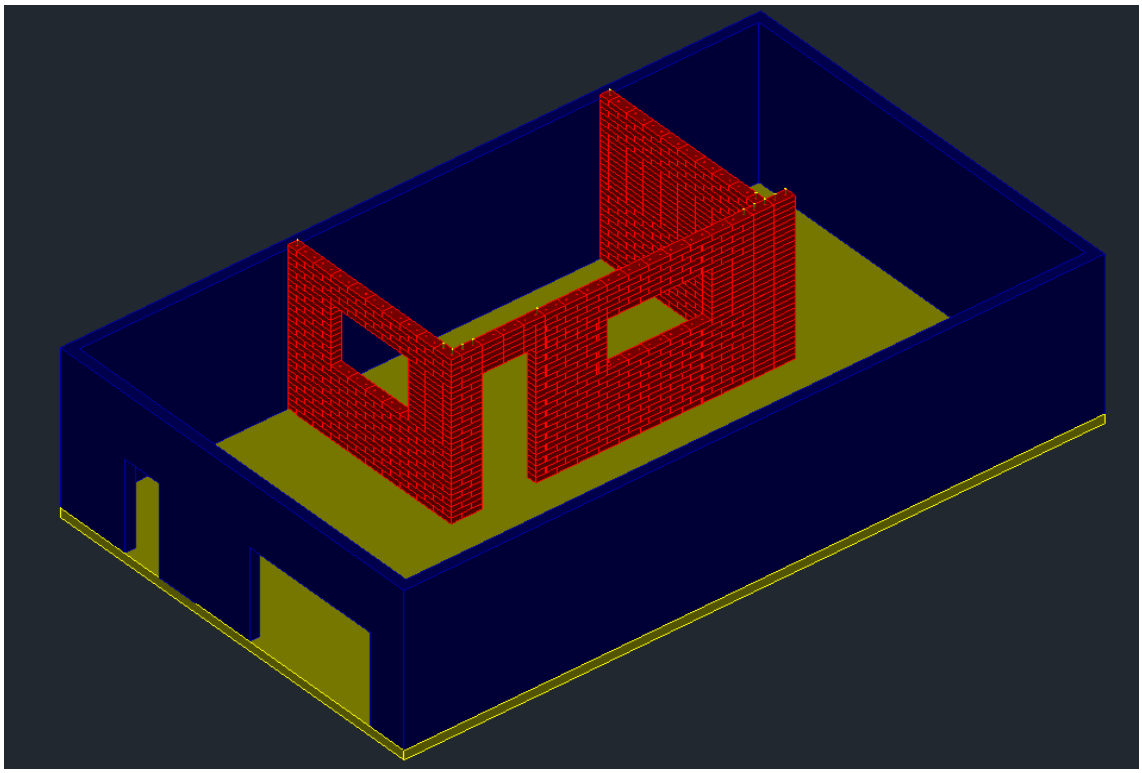


Figura 17. Prototipo de una casa (Divisiones – Bloques No Portantes)

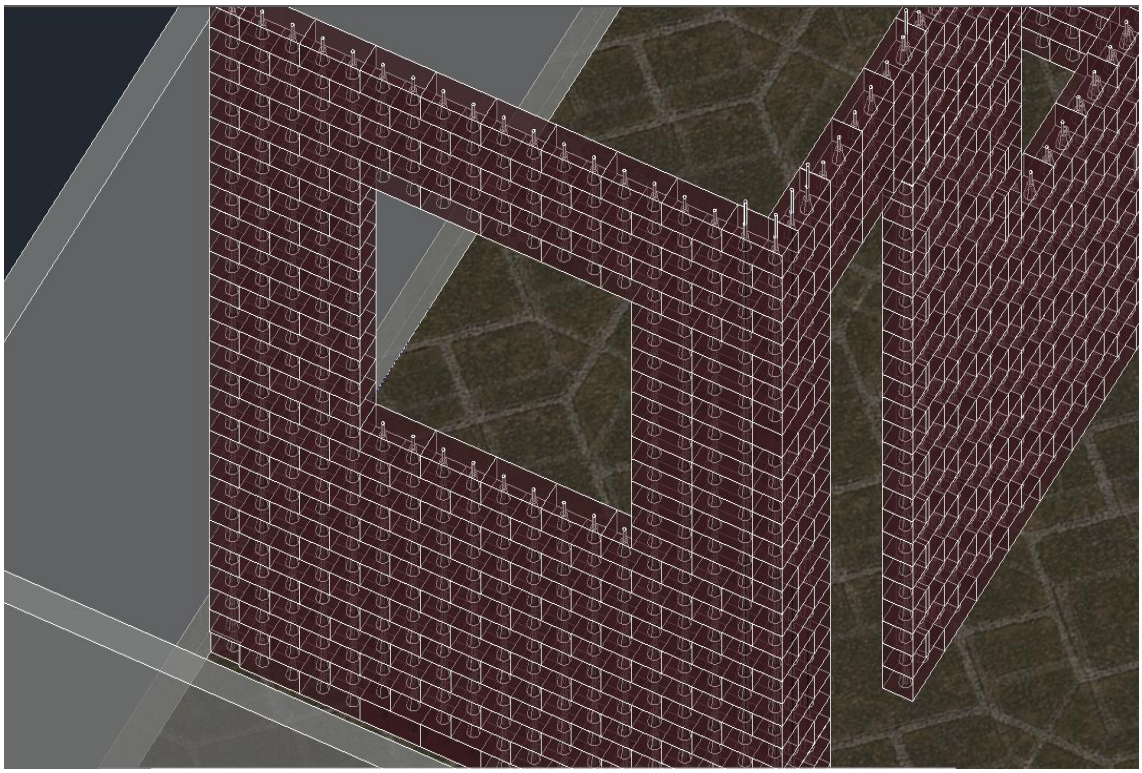


Figura 18. Prototipo de una casa.

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 19. Secado del aserrín de Huayruro.



Figura 20. Tamizado del aserrín con tamizador Nº 33mm



Figura 21. PET picado.



Figura 22. Mufla de 1200 ºC y Prensa mecánica manual.



Figura 23. Pesado del ladrillo PET - Aserrín



Figura 24. Prueba de alabeo



Figura 25. Prueba de absorción



Figura 26. Prueba de variación dimensional



Figura 27. Muestras de Ladrillo PET - Aserrín sometidas a pruebas.



Figura 28. Muestras obtenidas durante todo el proceso



Figura 29. Máquina de prueba de comprensión (ASTEM C-39; AASHTO T-22) CAP 1,555 KM (350,00 LBF*)*



Figura 30. Prueba de resistencia a la compresión



Figura 31. Muestra de 100% PET - 0 % Aserrín de Huayruro



Figura 32. Porcentaje de Humedad del aserrín de Huayruro

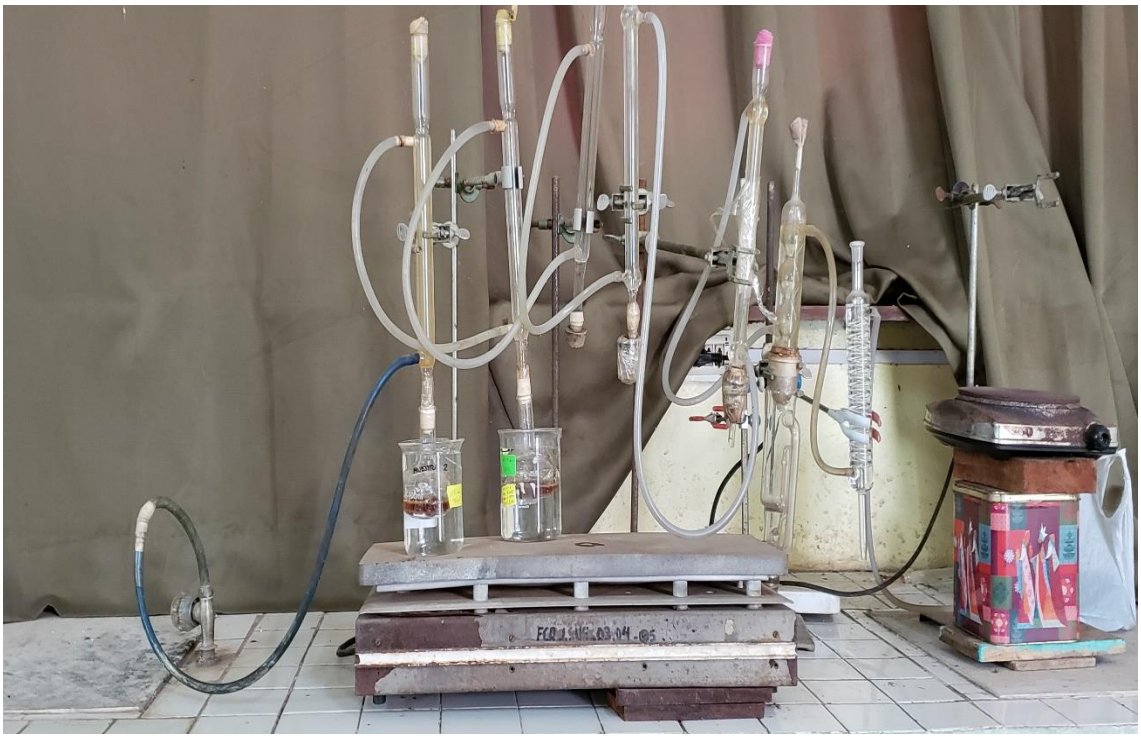


Figura 33. Porcentaje de Lignina del aserrín de Huayruro



Figura 34. Porcentaje de Celulosa del aserrín de Huayruro