



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULO DE ARQUITECTO

Mampostería en seco, tipo lego con ladrillo de plástico reciclado aplicado para fines de construcción emergente.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

DIRECTORA: Moncayo Vega, Alexandra del Rosario. Mgtr. Arq.

LOJA - ECUADOR

2018



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2018

APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Mgtr. Arq.

Alexandra del Rosario Moncayo Vega

DOCENTE DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación **Mampostería en seco, tipo lego con ladrillo de plástico reciclado aplicado para fines de construcción emergente**, realizado por Danny Israel Caivinagua Samaniego, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo de 2018

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Danny Israel Caivinagua Samaniego declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **“Mampostería en seco, tipo lego con ladrillo de plástico reciclado aplicado para fines de construcción emergente”**, de la Titulación de Arquitectura, siendo Alexandra del Rosario Moncayo Vega, directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el trabajo de investigación, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f).....

Autor: Danny Israel Caivinagua Samaniego
Cedula: 0104911508

DEDICATORIA

A mis padres, a mis abuelitos, y toda mi familia quienes difundieron en mí el aliento de luchar de perseverar de hacer las cosas con excelencia, y de manera especial y con mucho amor a mi padre quien por amor consagro su vida para ver la mía realizada y a mi bella esposa quien representa las ganas de seguir consiguiendo más metas.

Danny Israel Caivinagua Samaniego

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis queridos padres, a mi esposa, y familiares que, gracias a su apoyo moral seguí luchando por conseguir mi meta, a la Arq. Alexandra del Rosario Moncayo Vega por su guía y conocimientos brindados para el presente trabajo de titulación, al resto de docentes por su apoyo durante la formación académica.

Danny Israel Caivinagua Samaniego

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	7
OBJETIVOS.....	8
METODOLOGÍA.....	9
CAPITULO 1.....	11
MARCO TEORICO	11
1.1. Mampostería en seco, Polímero PET y Polímero PET reciclado	12
1.1.1. Mampostería.....	12
1.1.2. Clasificación de los plásticos.....	20
1.1.3. Polímero PET	24
1.1.4. Polímero Reciclado PET	29
1.1.5. Porcentaje de Reciclaje.....	33
1.2. Proceso de reciclaje PET, PEAD y su normativa.....	35
1.2.1. Equipos y herramientas.....	35
1.2.2. Obtención de materia prima.....	37
1.2.2.1. <i>Método para disponer de los envases PET post consumo.</i>	37
1.2.2.3. <i>Clasificación de polímero PET de PEAD.</i>	38

1.2.2.4.	<i>Selección y clasificación de plásticos y no plástico.</i>	40
1.2.2.7.	<i>Secado.</i>	42
1.2.2.9.	<i>Pos polimerización.</i>	43
1.2.3.	Proceso de moldeado del PET reciclado.	44
1.2.4.	Desmolde de la pieza.	48
1.2.5.	Normativa para ensayos.	48
1.2.6.	Norma ASTM.....	63
1.2.7.	Norma ASTM.....	66
1.3.	Bloques tipo lego y construcciones emergentes	70
1.3.1.	Bloque lego.	70
1.3.2.	Bloque tipo lego de bloqueplás “BRICKAR”	72
1.3.3.	Referencia análoga de ladrillo tipo lego de áridos comprimidos.	75
1.3.4.	Elementos constructivos de plástico reciclado para la construcción.	78
1.3.5.	Vivienda Social	80
1.3.6.	Construcciones Emergentes.	83
CAPITULO 2.....		86
DESARROLLO REPRESENTATIVO DE LA PIEZA.....		86
2.1.	Descripción del proceso de diseño arquitectónico	87
2.1.1.	Rectángulo áureo.	87
2.1.2.	Definición de las medidas de la sección del módulo base.....	88
2.1.3.	Módulo base.	91
2.1.4.	Obtención del diseño del ladrillo por secciones.....	92
2.1.5.	Altura de ladrillo.	92
2.1.6.	Diseño arquitectónico del molde metálico	94
2.2.	Instalación hipotética de la mampostería	95
CAPITULO 3.....		99
EXPERIMENTACIÓN		99
3.1.	Introducción	100

3.1.1.	Materiales equipos y herramientas usadas en el proceso de experimentación. 100	
3.2.	Métodos y proceso a ser usados.....	104
3.3.	Fabricación del prototipo	105
3.3.1.	Fabricación del Molde.	105
3.3.2.	Obtención de la materia prima	107
3.3.3.	Proceso de triturado PET y PEAD.	109
3.3.4.	Elaboración de ladrillo plástico.....	109
3.3.5.	Preparación del horno	110
3.4.	Experimentación.	111
3.5.	Experimento “A” fundido del polímero PET al horno	111
3.5.1.	Materiales	111
3.5.2.	Método usado	111
3.5.3.	Fundido de las hojuelas PET	112
3.5.4.	Prensado.	112
3.5.5.	Enfriamiento y desmolde.....	112
3.5.6.	Resultado.....	112
3.6.	Experimento “B” fundido del polímero PET aplicado calor directo	113
3.6.1.	Materiales	113
3.6.2.	Método usado.	114
3.6.3.	Fundido de las Hojuelas PET	114
3.6.4.	Prensado.....	115
3.6.5.	Enfriamiento y desmolde.....	115
3.6.6.	Resultado.....	115
3.7.	Experimento “C” fundido del polímero PEAD aplicado calor directo	116
3.7.1.	Materiales	116
3.7.2.	Polímero PEAD.....	116
3.7.3.	Preparación del PEAD.....	117
3.7.4.	Fundido de las Hojuelas PEAD.....	117

3.7.5.	Prensado.....	117
3.7.6.	Enfriamiento y desmolde.....	118
3.7.7.	Resultado.....	118
3.8.	Fabricación de moldes para probetas	119
3.8.1.	Fabricación de piezas con el proceso experimental “C”	120
CAPITULO 4.....		122
ANÁLISIS DE RESULTADOS		122
4.1.	Introducción.....	123
4.2.	Resistencia a la flexión	123
4.2.1.	Descripción del proceso	124
4.2.2.	Resultado de los ensayos a flexión.....	127
4.2.3.	Tabla comparativa de norma y resultados obtenidos.....	129
4.3.	Interpretación	129
4.4.	Consideraciones para el ensayo de compresión.	130
4.4.1.	Descripción del proceso.	135
4.4.2.	Ladrillo desarrollado con el proceso experimental “C”	140
4.4.3.	Presupuesto del prototipo de ladrillo plástico	142
4.4.4.	Presupuesto comparativo entre ladrillo común y el ladrillo plástico	142
4.4.5.	Discusión de resultados.	143
4.4.6.	Informe técnico del ladrillo.....	144
CONCLUSIONES		145
RECOMENDACIONES		147
BIBLIOGRAFÍA.....		148
ANEXOS		151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Equivalencia de unidades SI con unidades tradicionales de cálculo de resistencia mecánica.....	17
Tabla 2: Plásticos reciclables	22
Tabla 3: Propiedades físicas	25
Tabla 4: Propiedades mecánicas	25
Tabla 5: Propiedades térmicas	25
Tabla 6: Resistencia química	26
Tabla 7: Herramientas	36
Tabla 8: Efecto del tamaño de la molécula sobre su estado de agregación.	52
Tabla 9: Características de la vivienda social.....	82
Tabla 10: Broca y taco Fischer correcto para anclaje.	96
Tabla 11: Muestras con sus respectivas identificaciones.....	121
Tabla 12: Porcentaje de mezclas con su respectiva identificación por muestra	123
Tabla 13: Cálculos de ensayos de probetas	126
Tabla 14: Dimensión de las probetas.	127
Tabla 15: Resultados de ensayo a la flexión de las probetas de los tres polímeros experimentales.	127
Tabla 17: Cálculos de ensayos de probetas	129
Tabla 18: Porcentaje de mezclas con su respectiva identificación por muestra.	131
Tabla 19: Dimensiones nominales y reales	132
Tabla 19: Cálculos en máquina de laboratorio UTPL.....	132
Tabla 20: Resultados de ensayo a la compresión de las probetas de los tres polímeros experimentales.	133
Tabla 21: Presupuesto referencial del ladrillo.....	142
Tabla 22: Tabla comparación presupuesto ladrillo de arcilla cocida.....	142
Tabla 23: Tabla comparación presupuesto ladrillo de plástico	143
Tabla 24:: Ficha técnica.	144
Tabla 26: Puntos de reciclaje.	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mampostería	12
Figura 2: Ladrillo Tradicional	13
Figura 3: Ladrillo común	14
Figura 4: Ladrillo visto	14
Figura 5: Plásticos	20
Figura 6: Plásticos PET	24
Figura 7: Proceso de polimerización	27
Figura 8: Comportamiento en término de la dureza que presentan distintos polímeros	28
Figura 9: Reciclaje Plástico PET	29
Figura 10: Reciclado mecánico	30
Figura 11: El reciclado	32
Figura 12: Materiales Reciclados Ecuador	34
Figura 13: Materiales Reciclados: Ecuador, análisis monetario.....	34
Figura 14: Equipo de reciclaje de PET	36
Figura 15: Residuos plásticos	41
Figura 16: Proceso de triturado, lavado y secado	43
Figura 17: Moldeado.....	44
Figura 18: Moldeado	45
Figura 19: Extrusión	46
Figura 20: Insuflación del aire	47
Figura 21: Moldeo por vacío.....	47
Figura 22: Sistema amorfo (a), semicristalino (b) y cristalino (c)	53
Figura 23: Variación del volumen específico en función de la temperatura para a) un polímero cristalino y b) un polímero amorfo.....	55
Figura 24: Relación entre esfuerzo y deformación	57
Figura 25: Procedimiento operativo (UNE 56.709)	58
Figura 26: Curva típica esfuerzo- deformación de un plástico	59
Figura 27: Tipos de deformación de las moléculas: (a) por extensión de enlaces, (b) por desenrollamiento de moléculas, (c) por desplazamiento.	59
Figura 28: Mordazas y probeta tipo halterio para ensayos de tracción	61
Figura 29: Forma de probeta.....	61
Figura 30: Efecto de la velocidad a la que se realiza el ensayo en una muestra de PET a 220	62
Figura 31: Efecto de la temperatura sobre una muestra de PMMA.....	63
Figura 32: Probeta para ensayos a flexión	64

Figura 33: Proceso de aplicación de fuerza a flexión con tres puntos de apoyo.....	65
Figura 34: Probeta y maquina a flexión	65
Figura 35: Maquina para ensayo a compresión y falla de probeta	67
Figura 36: Probeta para ensayo a compresión	68
Figura 37: Obtención de resultados	69
Figura 38: Bloque tipo lego	70
Figura 39: Características del bloque tipo lego	71
Figura 40: Ensamble del bloque tipo lego.....	71
Figura 41: Construcción de pared con bloque tipo lego	72
Figura 42: Casa elaborada con bloque	73
Figura 43: Ensamble del bloque.....	75
Figura 44: Bloque Lego	75
Figura 45: Ensamble del ladrillo tipo lego	78
Figura 46: Madera plástica	78
Figura 47: Vivienda emergente de Ecuador	85
Figura 48: Rectángulo áureo	88
Figura 49: Diseño de sección modulo base	89
Figura 50: Trazado de puntos	90
Figura 51: Sección de modulo	90
Figura 52: Modulo base.....	91
Figura 53: Unión de módulos	91
Figura 54: Sección de ladrillo	92
Figura 55: Unión de secciones.....	92
Figura 56: Trazo de altura en rectángulo áureo.	93
Figura 57: Altura de ladrillo	93
Figura 58: Axonometría de molde cara "A"	94
Figura 59: Axonometría de molde cara "B"	95
Figura 60: Anclaje al piso	96
Figura 61: Perspectiva de anclaje del ladrillo.	97
Figura 62: Vista lateral y vista frontal	97
Figura 63: Perspectiva.....	98
Figura 64: Detalle del anclaje del ladrillo	98
Figura 65: PET y PEAD.....	100
Figura 66: PET triturado	101
Figura 67: Sierra engletadora 10" 1600 w	101
Figura 68: Tijeras	102
Figura 69: Horno de banco /MEMMERT	102

Figura 70: Balanza digital /AND/FX-5000i	103
Figura 71: Aceutek /USA.....	104
Figura 72: Calibrador mecánico MEMMERT	103
Figura 73: Placa metálica la “A”	106
Figura 74: Placa metálica de molde lado “B”	105
Figura 75: Doblado y soldado de placa metálica “A” y “B”	106
Figura 76: molde metálica desarmado cara “A” y “B”	107
Figura 77: molde metálica armado	107
Figura 78: Botellas de agua y sodas con tapas.....	108
Figura 79: Registro de peso de la materia prima.....	108
Figura 80: Proceso del plástico picado	109
Figura 81: Engrasado del molde	110
Figura 83: Colocación del molde al horno.	112
Figura 82: Colocación de PET en el molde	111
Figura 84: Ladrillo PET experimento A.....	113
Figura 85: Colocación de PET en la olla de aluminio	114
Figura 86: PET derretido, hecho liquido	115
Figura 87: Ladrillo PET experimento B	116
Figura 88: Cocción del polímero PEAD	117
Figura 89: Colocación de la masa PEAD en el molde.....	118
Figura 90: Ladrillo PEAD experimento C	119
Figura 91: Moldes de madera para probetas a flexión y compresión	119
Figura 92: Moldes de madera para probetas a flexión y compresión lubricadas	120
Figura 93: probeta de PEAD para ensayo a flexión	124
Figura 94: probeta de PEAD para ensayo a flexión	124
Figura 95: probeta de PEAD para ensayo a flexión	125
Figura 96: Probeta F01/Cara frontal/Falla a flexión.....	125
Figura 97: Probeta F02/Cara frontal/Falla a flexión.....	126
Figura 98: Probeta F03/Cara frontal/Falla a flexión.....	126
Figura 99: Curvas esfuerzo deformación a la flexión	128
Figura 100: Carga de rotura por probetas (N/mm ²)	128
Figura 101: Cuervas esfuerzo deformación a la compresión	133
Figura 102: Diagrama en barras	134
Figura 103: Probeta T01-1 /Cara frontal/Falla a compresión.	135
Figura 104: Probeta T01-2 /Cara frontal/Falla a compresión.	135
Figura 105: Probeta T02-1 /Cara frontal/Falla a compresión	136
Figura 106: Probeta T02-2 /Cara frontal/Falla a compresión	136

Figura 107: Probeta T03-1 /Cara frontal/Falla a compresión	136
Figura 108: Probeta T03-2 /Cara frontal/Falla a compresión	137
Figura 109: Máquina con probetas para ensayo a compresión	137
Figura 110: Probeta con daños T01-1	138
Figura 111: Probeta con daños T01-2	138
Figura 112: Probeta con daños T02-1	138
Figura 113: Probeta con daños T02-2	139
Figura 114: Probeta con daños T03-1	139
Figura 115: Probeta con daños T03-2	139
Figura 116: Colocación de la masa en el molde.....	140
Figura 117: Desarme del molde.....	140
Figura 118: Retiro del Ladrillo del molde con una prensa	141
Figura 119: Prototipo de ladrillo	141

RESUMEN

El presente trabajo de fin de titulación tiene como finalidad analizar la técnica constructiva denominada **“Mampostería en seco, tipo lego con ladrillo de plástico reciclado aplicado para fines de construcción emergente”**, empleada en los últimos años en otros países por arquitectos, ecologistas, inclusive actualmente en nuestro país, como nuevo método de crear arquitectura sostenible, evitando la contaminación del ambiente y fomentando a la vez la posibilidad de autoconstrucción con este tipo de material. La metodología utilizada para el desarrollo investigativo fue de tipo descriptivo-experimental permitiendo llevar a cabo 3 procesos de investigación a través del plástico reciclado; con los resultados obtenidos se pudo concluir que la mejor opción fue el experimento “C” (3) el ladrillo de PEAD ya que cumple casi con el 95% de los requisitos mínimos exigidos de resistencia a la flexión, comprensión establecidos en la norma ISO 178, en relación a ello pueden ser aplicados para la construcción.

Palabras Claves: Mampostería en seco, ladrillo de plástico, lego, experimento, reciclado, PEAD, norma ISO

ABSTRACT

The purpose of this final project is to analyze the constructive technique called "dry masonry, lego type with recycled plastic brick applied for emergent construction purposes", used in recent years in other countries by architects, ecologists, including currently in our country, as a new method of creating sustainable architecture, avoiding the pollution of the environment and promoting at the same time the possibility of self-construction with this type of material. The methodology used for the research development was of a descriptive-experimental type allowing to carry out 3 research processes through recycled plastic; With the results obtained it was possible to conclude that the best option was the "C" experiment (3) the PEAD brick since it meets almost 95% of the minimum requirements for flexural strength, as established in ISO 178, in relation to it they can be applied for construction.

KEYWORDS: Dry masonry, plastic brick, Lego, experiment, recycling, PEAD, ISO standard

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el planeta no sólo se contamina usando vehículos o por no votar basura o hacerlo en los botes adecuados, o levantarla de un lugar para arrojarlo en otro, entendamos que estos desechos sean sólidos, líquidos o gaseosos seguirán existiendo hasta que su descomposición llegue. Hoy en día, el objetivo de toda la disciplina sería en lograr que nuestros desechos inorgánicos específicamente los plásticos, sea la materia prima para construir nuevos elementos de cobertura de la vivienda y así suplir de alguna manera el déficit habitacional, o que puede ser reutilizado una y otra vez sin que existan más residuos al desechar.

Por lo tanto, se considera proponer con esta experimentación una alternativa de reutilizar la basura plástica desechada y que tome un nuevo carácter; es decir una forma rectangular modulada auto portante libre de adherentes, con sistema constructivo tipo lego con fines de mejoramiento sea este de la vivienda social o sistemas emergentes que pueda autoconstruirse desde el reciclaje del plástico hasta la elaboración y construcción de la marquetería.

El presente trabajo investigativo se encuentra estructurado por los siguientes capítulos:

El capítulo I, estructurado por el marco teórico donde se abordan los principales temas que son: Mampostería en seco, polímero Pet y Polímero Pet Reciclado; proceso de reciclaje del Pet, Pead y su normativa y definición de bloques tipo lego y construcciones emergentes.

Referente al capítulo II, se describe el desarrollo representativo de la pieza, que consta de la descripción del proceso de diseño arquitectónico, instalación hipotética de la mampostería y condiciones generales

El capítulo III, se denomina experimentación que está estructurado por la elaboración de probetas, experimento "A" fundido del polímero PET al horno; experimento "B" fundido del polímero PET aplicado calor directo, experimento "C" fundido del polímero PEAD aplicado al calor directo el cual es tomado como referencia para todo el proceso de fabricación de la pieza.

En el Capítulo IV, se describe el análisis de resultados, que consta de introducción, datos generales de las probetas elaboradas, ensayos de resistencia a la flexión, compresión, discusión de resultados, factibilidad ventajas y desventajas, informe técnico del ladrillo y presupuesto comparativo ladrillo plástico.

Esta investigación constituye un aporte para la sociedad ya que permite darles un nuevo uso a los desechos plásticos y convertirse en una alternativa de material para construir vivienda social o emergentes a bajos costos, a través de una nueva tecnología que es la mampostería con ladrillos tipo lego fabricados con plástico reciclado, que sin duda mitigara en parte impacto ambiental ocasionado por los residuos de plásticos si este proyecto se ejecutara a gran escala.

Para lograr el alcance de los objetivos de la investigación fue necesario realizar diversos experimentos que permitieron definir el camino a seguir en la investigación y obtener la pieza que sean lo más semejante a los obtenidos en los procesos industriales, con la diferencia que se utilizaron equipos y métodos convencionales.

Se llevó a cabo el trabajo investigativo a través de métodos indirectos como es la recopilación de información, entrevistas a funcionarios; y métodos experimentales que permite identificar la muestra, describir los instrumentos, y procedimientos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria de la construcción desde su creación ha venido ocasionado un sinnúmero de residuos que contaminan el medio ambiente; donde se puede apreciar que los arquitectos no toman en consideración materiales ecológicos, alternativas que permitan crear una arquitectura diferente, ya que consideran como única solución para la construcción el hormigón, ladrillo cerámico y teja.

Las viviendas actuales están constituidas por materiales que ponen en riesgo a las personas que habitan dentro de áreas sísmicas, ya que estas catástrofes naturales ocasionan fallecimientos por ser elementos muy pesados y su reconstrucción ostenta valores muy altos; de ahí la importancia de explorar nuevos materiales para construir edificaciones con paredes más livianas, sean menos costosas.

En Ecuador según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2012) expresa que el 45% de los 3,8 millones de hogares ecuatorianos habitan en viviendas inadecuadas, los 1,37 millones de hogares con déficit cualitativo residen en viviendas cuya tenencia es insegura, construidas con materiales inadecuados, con carencia de servicios sanitarios básicos, o con problemas de hacinamiento. Los 342.000 hogares con déficit cuantitativo comparten su vivienda con uno o más hogares, o viven en unidades de vivienda improvisadas.

Por otro lado, la Secretaría de hábitat y asentamientos humanos (2015) manifiesta que el mayor déficit cuantitativo de vivienda existe en los cantones de la costa pacífica, primordialmente en Santa Elena, en la provincia de la Manabí con el 29,5% y el 21,7% respectivamente. Al concluir las tasas de crecimiento poblacional en el análisis, el déficit de vivienda estimado por nuevos hogares suma un total de 2.742.247 viviendas, con mayor afectación de las ciudades importantes del país, como son Quito, Guayaquil, Santo Domingo, Manta, Portoviejo, Ambato, Cuenca, Machala y Loja.

Ante lo manifestado anteriormente se pone en consideración que en la ciudad de Loja existen un déficit habitacional, por los elevados costos que ostentan adquirir una vivienda adecuada, y la dificultad de acceder a mecanismos formales de crédito; debido a ello existen asentamientos humanos con hogares con estructuras inadecuadas que afectan a la calidad de vida. De ahí la importancia de buscar alternativas rápidas, eficaces para el déficit de vivienda en la ciudad de Loja, orientados en el factor, económico, social y ecológico.

Los plásticos son en la sociedad actual uno de los materiales más utilizados debido a su gran diversidad, versatilidad de usos, facilidad de producción, entre otras características;

pero cabe destacar que son los causantes de uno de los más grandes problemas de contaminación ambiental. El inadecuado manejo de los residuos sólidos prácticamente en todos los centros poblados especialmente de los países en vías de desarrollo como Ecuador, son un peligro ambiental, debido a que no se les da el tratamiento adecuado una vez que ha concluido su vida útil, convirtiéndose así en un sinónimo de contaminación ambiental.

En relación a ello se pone en consideración elaborar ladrillo de plásticos reciclado de tipo lego para la construcción emergente, ya que son los más utilizados en la elaboración de Mampostería que en este caso sería en seco con el fin de dar solución al problema habitacional de la región.

JUSTIFICACIÓN

En Ecuador de acuerdo a las investigaciones realizadas se puede evidenciar que existen un gran problema social sobre las condiciones en las que habitan las personas en ciertos sectores del país, en relación a la unidad de vivienda. Es así también en la ciudad de Loja existe un déficit habitacional a pesar de existir programas viviendas populares llevados a cabo por instituciones públicas quienes ofrecen casa a bajo costos; sin embargo, existen personas quienes no pueden acceder a estos proyectos por no cumplir con los requisitos establecidos y no contar aún más con el recurso económico.

De ahí la importancia de indagar nuevas estrategias para elaborar ladrillo con material más barato con el fin de poder construir viviendas que cumplan con las necesidades básicas de un hogar a bajo costo, y aún más sea un producto amigable con el ecosistema.

En la actualidad se puede apreciar que existe un nivel alto de contaminación ocasionado por los residuos sólidos, principalmente por los polímeros vertidos en basureros, botaderos en relación a ello se deben implementar estrategias que ayuden a mitigar la contaminación ambiental a través del reciclaje. Una solución para el presente trabajo investigativo sería el reciclado de plástico, quien se constituirá en la materia prima para la fabricación de ladrillos.

El reciclaje, reutilización de los desechos plásticos se constituyen en una alternativa ecológica, ya que esta materia prima puede ser utiliza para la mampostería en la construcción de viviendas, a más de ello puede convertirse en una estrategia que permitirá incrementar el nivel de reciclado.

Para el presente trabajo investigativo se propone fabricar ladrillo a base del plástico reciclado en forma de lego para la mampostería en seco con el fin de reducir materiales que serían utilizados en edificaciones tradicional, con ello disminuir el precio, que sean más fácil, rápido de construir.

Para la elaboración del ladrillo se llevarán a cabo diversos experimentos con el objetivo de dar forma, dimensiones de acuerdo a los que existen en el mercado con el fin que sea aceptado por la sociedad, en relación a ello se ha tomado como referencia comparativa el ladrillo del cantón Catamayo.

Al llevar a cabo el presente estudio se podrá ofrecer una alternativa válida para construcciones emergentes y disminuir los niveles de déficit habitacional del país, al ofrecer viviendas dignas con los requerimientos básicos ya que es un material económico para la construcción, siendo así una solución rápida y eficaz.

OBJETIVOS

General

- Construir una mampostería de ladrillo de plástico tipo lego aplicable a solucionar vivienda emergente.

Específicos

- Investigar sobre la teoría que apliquen de manera ecológica los residuos plásticos, de manera industrial con una técnica constructiva tipo lego.
- Determinar el proceso reciclaje, maquinaria, equipos o herramientas necesarias para generar el módulo del ladrillo plástico.
- Diseñar prototipos del ladrillo de plástico tipo lego a partir del módulo del ladrillo clásico de arcilla cocida.
- Experimentar con el ladrillo diseñado y analizar las condiciones físico-mecánicas del ladrillo propuesto.

HIPÓTESIS

Uno de los polímeros PET y PEAD vuelven por medio del reciclaje en forma de materia prima a los fabricantes, y si cumplen las normas de calidad por ejemplo la INEN 9001 volverá a ser usada en la industria alimenticia. Luego de ser usada nuevamente se convertirá en basura y volvería al ciclo de reciclaje y desecho, este material según fundación basura es la que más se desecha y la que más contamina la cual para este proyecto sería un material ideal que podría usarse como un material alternativo para la construcción civil específicamente en materiales de cobertura como mampuestos de ladrillos cerámicos y bloques, para ejercicio se construiría un ladrillo con estos polímeros que su diseño sea tipo lego y estudiar sus propiedades físicas como su resistencia a la flexión y compresión.

METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se constituye de tipo mixto que consta de una parte descriptiva y una experimental el cual se lleva a cabo a través de ensayos, pruebas de laboratorio con el fin de poder obtener los distintivos físicos-mecánicos y realizar una comparación del ladrillo común con el diseño propuesto en estudio.

Así también para llevar a cabo el trabajo investigativo se hicieron uso de los siguientes métodos: **bibliográfico** a través del cual se pudo realizar una revisión teórica sobre el tema en estudio para una mayor comprensión, para llevar a cabo los ensayos, pruebas de laboratorio, **documental**, a través del cual se pudo recolectar, organizar, presentar, analizar los resultados obtenidos de las observaciones del proceso investigativo, **descriptivo**, permitió realizar la descripción de los datos, características de las propiedades del ladrillo de plástico reciclado tipo lego.

Para la recopilación y análisis de información fue necesario llevar cabo el siguiente proceso investigativo:

- Se recopiló información sobre reciclaje, clasificación, volumen y comercialización, en la ciudad de Loja.
- Se obtuvieron información sobre referentes nacionales e internacionales que reutilizan el plástico como elementos en la construcción civil.
- Se realizaron entrevistas a funcionarios encargados de la recolección de residuos sólidos del municipio, universidades empresas privadas recolectores informales en la ciudad y el país y el manejo de los mismos.
- Entrevista a funcionarios de Aseplas, Madera plástica, fundación basura.
- Recopilación de información de referentes de maquinaria equipos y herramientas necesaria para la elaboración de productos de plástico reciclado. Recopilación de información de referentes de matrices metálicas para moldeado de plásticos.

En relación al método de análisis experimental se llevaron a cabo los siguientes aspectos.

Identificación de la muestra

Para ello fue necesario:

Analizar y evaluar la información acopiada de los tipos de plásticos recolección y clasificación de la materia prima.

- Estudiar de las mamposterías de ladrillo, bloque y sus propiedades.
- Estudio de información y análisis del bloque de juguete lego sus propiedades de auto-portabilidad.
- Un estudio de referentes internaciones como punto de partida

Descripción de los instrumentos

Los instrumentos necesarios para la fabricación del ladrillo plástico reciclado tipo lego fueron los siguientes:

- Máquina trituradora
- Maquina lavadora
- Maquina secadora
- Maquina extrusora
- Matrices del molde de ladrillo
- Piscina de enfriamiento
- Medidor de compresión

Descripción del procedimiento

- Diseño de módulo de ladrillo y su matriz
- Obtención del material reciclado
- Moldeado del material y su enfriamiento
- Ensamblaje de mampostería
- Ensayos y pruebas de laboratorio
- Desarrollo del proceso de prueba de laboratorio

CAPITULO 1
MARCO TEORICO

1.1. Mampostería en seco, Polímero PET y Polímero PET reciclado

1.1.1. Mampostería.

Es el sistema tradicional de construcción que consiste en fundar muros y parámetros mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen, estos pueden ser de dos tipos: prefabricados; ladrillos o bloques y naturales; consistentes de piedra o cantería. (Gonzalez J. , 2016)

Este sistema permite una reducción en los desperdicios de los materiales empleados y genera fachadas portantes; es apta para construcciones en alturas grandes.



Figura 1: Mampostería

Fuente: Vásquez (2016) De vicios oculto

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

- La mayor parte de la construcción es estructural.
- Apta para todo rango de riesgo sísmico.
- Por su rigidez, genera daños secundarios menores.
- Como muros portantes, la modulación facilita la construcción de estructuras regulares.
- Combina la función estética y estructural.
- La colocación de la estructura de refuerzo permite la edificación de estructuras y muros seguros Incorpora las características térmicas y acústicas del material a los muros.
- No necesita cimbra.
- Una gran disponibilidad de acabados.
- Modulación y tolerancias estrictas.
- Sirve como ductos para las instalaciones ocultas.

1.1.1.1. Ladrillo tradicional.

Los ladrillos tradicionales normalmente se fabrican a partir de adobe, pero para su cocción se pueden alcanzar más de 1.000 grados Celsius, es un proceso que consume gran cantidad de recursos energéticos, además de generar mucha contaminación ambiental por el uso de combustibles fósiles para los hornos. Además, en su fabricación se consume mucho suelo que podría usarse para otros fines. (Zahumenszky, 2015)

Durante la fase de endurecimiento, por secado o por cocción, el material arcilloso adquiere características de notable solidez, y experimenta una disminución de masa, por pérdida de agua, de entre un 5 y un 15 %. (Afanador, 2012)







		
Perforado 5	Perforado 7	Perforado 10
Dimensiones 24x11x5	Dimensiones 24x11x7	Dimensiones 24x11x10
Peso 1,560 kg	Peso 1,600 kg	Peso 2,200 kg
Unidad m2 69,44	Unidad m2 52,08	Unidad m2 37,88
		
Hueco doble 7	Hueco doble 8	Hueco triple 10
Dimensiones 21x11x7	Dimensiones 24x11x8	Dimensiones 24x11x10
Peso 1,400 kg	Peso 1,600 kg	Peso 2,150 kg
Unidad m2 34,72	Unidad m2 34,72	Unidad m2 34,72

Figura 2: Ladrillo Tradicional

Fuente: Materiales de construcción (2010)

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Comúnmente se llama ladrillo a una pieza prismática de tierra cocida que es utilizado de manera frecuente como material de construcción prácticamente en todo el mundo, el color y la textura del ladrillo dependerán de la presencia de óxido de hierro en arcilla y de la potencia y forma del horno, aunque la mayoría de las arcillas cocidas en torno a los mil grados centígrados toma un color rojo uniforme muy característico en el ladrillo común. (Onrubia, Maldonado, & Fernando, 2003)

1.1.1.2. Ladrillo común referente local (Catamayo)

Tomamos como referencia el diseño y medidas de los ladrillos clásicos del Cantón Catamayo del sector san José, ladrillo clásico macizo (también llama tochano) de arcilla cocida de 19 cm de largo por 15cm de ancho y 9cm de alto. Ya que los fabricantes del sector expresaron que este tipo era el que más se vendía.



Figura 3: Ladrillo común

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel, fecha de actualización 15 de junio de 2016

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Otro referente de la provincia del Azuay sería del sector Ramcar con un ladrillo visto de dos vanos de 29 cm largo por 12cm ancho y por 10 cm de alto.



Figura 4: Ladrillo visto

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel, fecha de actualización 22 de junio de 2016

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

En virtud a lo antes expuesto se toma como referencia dos tipos de ladrillos el primero fabricado en el Cantón Catamayo (figura 3), y el segundo en la Provincia del Azuay (figura 4); como se puede apreciar cada uno posee propiedades y dimensiones diferentes; considerando para el presente trabajo como más factible el proceso de fabricación del ladrillo de Catamayo.

1.1.1.3. Propiedades físicas y mecánicas- fórmulas.

En este ensayo se comparará el ladrillo cerámico de Catamayo con el del prototipo del ladrillo plástico basado en la norma ecuatoriana de la construcción NEC-SE-MD y las fórmulas para definir sus propiedades, por lo tanto, a continuación, se definen los conceptos y pruebas que se realizarán.

1.1.1.3.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión de ladrillo de arcilla, f'_{cu} , se usa como control de calidad en la producción (dosificación de los materiales, temperatura y tiempo de horneado),

para conocer la calidad de los materiales y su materia prima utilizados en la fabricación de ladrillo y para encontrar la resistencia a la compresión de la mampostería $f'm$, a partir de fórmulas que relacionan las propiedades de la unidad y los morteros. (Afanador, 2012, pág. 43)

$$f' CU = \frac{W}{A} \quad (1)$$

Donde:

$f'cu$ = resistencia a la compresión de ladrillo Pa x 10⁴ (o Kgf/cm²)

W = carga máxima (de rotura) en N (o Kgf)

A = promedio área brutas de las superficies superior e inferior del espécimen en cm²
(Afanador, 2012)

1.1.1.3.2. *Módulo de rotura.*

El módulo de rotura (ensayo de flexión) es una propiedad importante como criterio de durabilidad y para entender el mecanismo de falla de la mampostería cuando se solicitan esfuerzos de compresión y flexión, casos muy comunes en la mampostería. (Afanador, 2012)

$$MR = 3W \left(\frac{L}{2} - X \right) / bd^2 \quad (2)$$

Donde:

W = carga máxima de rotura en N (o Kgf)

L = distancia entre los soportes en mm

b = ancho neto de la muestra en el plano de falla en mm

d = profundidad de la muestra en el plano de falla en mm

X = distancia promedio del plano de falla al centro de la pieza, medida en la dirección de la línea central de la superficie sometida a tensión en mm.

1.1.1.3.3. *Resistencia a la flexión.*

Objeto

Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo de los ladrillos cerámicos empleados en albañilería para determinar su resistencia a la flexión.

Alcance

Esta norma comprende los ladrillo ceramicos fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales silicos-calcáreos.

Resumen

El procedimiento descrito en esta norma se basa en la aplicación de una carga progresiva de flexion a una muestra de ladrillos, hasta determinar su resistencia maxima admisible.

Método

- Tiene que existir tres punto de apoyo en la maquina
- Separacion entre apoyos no 15 cm
- Aplicar fuerza hasta la rotura de la muestra
- El modulo de rotura se calcula con la ecuacion siguiente:

$$MR = \frac{300Pl}{2bd^2}$$

Siendo:

MR= modulo derotura;en mega pascales.

G= carga de rotura en Newtones

L= distancia entre apoyos en milimetros

B=ancho de la cara a cara de la muestra, en milimetros

d= promedio del espesor de cara a cara de la muestra en milimetros

300 = Gpa

Las uindades de la media y calculo de la resistencia a la flexion estan expresadasde acuerdo a la Norma INEN 1. Sistema internacional de unidades **SI**.

Tabla 1: Equivalencia de unidades SI con unidades tradicionales de cálculo de resistencia mecánica

UNIDADES SI	EQUIVALENCIA	EQUIVALENCIA UNIDADES TRADICIONALES
1 N (Newton)	$\frac{N}{m^2}$	0,10 kgf
1Pa (pascal)	$\frac{N}{dm^2}$	$\frac{0,10\ kgf}{m^2}$
100 Pa N	$\frac{N}{cm^2}$	$\frac{0,10\ kgf}{dm^2}$
10 000 Pa	$\frac{N}{mm^2}$	$\frac{0,10\ kgf}{cm^2}$
1 000 000 Pa (megapascal)	$\frac{100N}{cm^2}$	$\frac{0,10\ kgf}{mm^2}$
1 MPa	$\frac{10N}{cm^2}$	$\frac{0,10\ kgf}{cm^2}$
0,1 MPa		

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

1.1.1.3.4. Tasa inicial de absorción de agua.

La tasa inicial de absorción (TIA), dada en g/cm²/min, mide la cantidad de agua que absorbe el ladrillo en un minuto. (Takeuchi C, 2007)

$$T.I.A = \frac{Masa\ final - Masa\ inicial}{Área\ contacto\ con\ el\ agua} \quad (3)$$

La absorción de agua afecta la durabilidad de la unidad y la mampostería. Si la unidad tiene absorción alta, puede presentar cambios volumétricos significativos o permeabilidad alta a la penetración de agua, y puede causar decoloraciones. (Takeuchi C, 2007)

$$\% \text{ absorción} = \frac{(W_{ss} - W_s)}{W_s} * 100 \quad (4)$$

Dónde:

W_{ss} = masa sumergida en agua de ladrillo saturado luego de la inmersión en agua fría, en g.

W_s = masa seca del espécimen antes de inmersión, en gramos.

1.1.1.3.5. *Adherente necesario.*

Según (Gatani, 2000) todo ladrillo cerámico por su fabricación individual al ser colocada secuencialmente uno sobre otro necesita de un mortero adherente, sea este de hormigón simple, barro, resinas, u otro material que lo adhiera y lograr un solo componente sólido, el espesor del adherente será acuerdo a la especificación de norma de construcción vigente o según especificación del fabricante.

1.1.1.4. **Mampostería en seco.**

Es un acumulado de técnicas constructivas de evolución, que permite una construcción mucho más rápida, económica, segura y confortable, obteniendo calidades y costos y tiempos finales más óptimos, este sistema constructivo está representando por el método **Steel Framing** como referente de armado de cobertura vertical, método de amplia repercusión en la mayoría de los países industrializados como Estados Unidos, Inglaterra, Japón y Australia, su aceptación en nuestro país ha crecido, pero a un ritmo más lento, esto se debe a que nuestra herencia cultural se asemeja más a las construcciones mediterráneas introducidas por nuestros descendientes españoles e italianos, nuestra tendencia es construir para toda la vida, por lo tanto, vemos en la construcción tradicional (ladrillo y hormigón) la técnica adecuada. (INCOSE, 2009)

Sin embargo, en la actualidad, acompañados por el avance industrial se ha logrado un sistema constructivo con excelentes propiedades, dentro de los cuales resalta su alta capacidad aislante y el bajo tiempo de ejecución en obra.

Materiales para elaboración de mampostería en seco

- Placas de yeso
- Estructura de acero galvanizado
- Diferentes tipos de revestimientos
- Aislaciones
- Pinturas, y
- Todos sus accesorios

1.1.1.5. La construcción en seco.

Troconti (2010) La construcción en seco, tiene por objeto sustituir por elementos secos o prefabricados, la mayor cantidad de componentes húmedos que tradicionalmente conforman una obra, como: hormigón armado, morteros de cal, cemento, yeso, mamposterías y todo material que condicione con su tiempo de fragüe, el rápido avance de la obra. Con la construcción seca eliminamos aparte de los materiales ya mencionados, el tiempo de convivencia nuestra con los materiales, equipos y operarios, resultando en la obra resulta en la mayoría de los casos costosa.

1.1.1.6. Ventajas y desventajas de la Construcción en Seco.

Troconti (2010) determina algunas ventajas y desventajas de la construcción en seco:

Ventajas:

- Confort.
- Durabilidad.
- Menor costo.
- Rapidez en obra.
- Ningún escombros.
- Adecuada Aislación.
- Flexibilidad de diseño.
- Calidad de terminación.
- Simpleza en la construcción.
- Nada de arena, cal, ladrillos, etc.
- Tecnología de última generación.

Desventajas:

- No son perdurables a espacios exteriores.
- No renovable.

1.1.2. Clasificación de los plásticos



Figura 5: Plásticos

Fuente: Hogarmania (2007)

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

La palabra plástico se usó originalmente como adjetivo para denotar un cierto grado de movilidad y facilidad para adquirir cierta forma. “En la actualidad existe más de cien tipos de plásticos que se pueden clasificar según su categoría para su respectivo reciclaje” (Mijangos & Serafin Moya, 2007)

Por lo general, los plásticos son polímeros que se funden a partir de la presión y el calor, una vez que alcanzan el estado que determina a los materiales que solemos denominar como plásticos, resultan bastante duros a la degradación y, a la vez, son livianos. De este modo, los plásticos pueden emplearse para fabricar una amplia gama de productos.

El costo mínimo de fabricación, su tenacidad al deterioro, la impermeabilidad y la posibilidad de colorearlos en diferentes tonos son algunos de los motivos que hacen que los plásticos sean tan populares, sin embargo, también advierten diversas contras: muchos de ellos no son susceptibles de reciclaje, por lo que pueden contribuir a la contaminación; por otra parte, los plásticos no suelen resistir el calor excesivo, derritiéndose y liberando, en ocasiones, sustancias tóxicas. (Mijares, 2013)

1.1.2.1. Polímeros su origen y evolución.

El norteamericano Wesley Hyatt, en 1860 desplegó una técnica de proceso a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado con alcanfor y una mínima cantidad de disolvente de alcohol dando así origen al plástico, fue patentado con el nombre de celuloide; tuvo un gran éxito comercial (Frias, Ize, Irina, & Gavilán, 2003)

El celuloide también se conocía como termoplástico porque se podía suavizar con calor y darle una nueva forma, originalmente se lo conseguía disolviendo celulosa, un nitrato de carbono obteniendo de plantas, en una solución de alcanfor y etanol. Con este primer

polímero se fabricaron varios objetos como cintas para películas, mangos de cuchillos (Frias et al. 2003).

Posteriormente, Leo Hendrik Baekeland químico norteamericano de origen belga en 1909, sintetizó un polímero de interés comercial, a partir de moléculas de fenol y formaldehído. Era un producto resistente al agua, disolvente y de fácil manejo se llamó baquelita (o bakelita), siendo el primer plástico totalmente sintético que la humanidad conocía. Que hoy en día se lo conoce como copolímero, compuestos al menos de dos monómeros diferentes a diferencia de los homopolímeros que están formados por monómeros diferentes. (Mijangos & Serafin Moya, 2007)

Una de las propiedades de la baquelita por su alto nivel de entrecruzamiento de su estructura molecular le confiere una propiedad de ser un plástico termoestable que quiere decir que después de enfriarse no puede volver a tomar otra forma debido al entrecruzamiento de las cadenas sean lineales o ramificadas a diferencia de los polímeros termoplásticos que después de enfriarse y calentarse pueden volver a tomar otra forma o volver a reciclar porque sus moléculas no presentan entrecruzamiento. (Mijangos & Serafin Moya, 2007)

En las décadas de los 30 apareció PE –Polietileno-, descubierto por los químicos ingleses que era el resultado de que se polimerizaba el gas etileno con la acción del calor y presión formaba este termoplástico (Mijangos & Serafin Moya, 2007)

“En años 50 aparece el PP -Polipropileno- que al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el PVC -Cloruro de Polivinilo-, un plástico rígido y resistente al fuego. Sustituto del caucho, usado para fabricación de tuberías, ropa, juguetes y objetos y otros usos” (Mijangos & Serafin Moya, 2007)

El PTFE –Politetrafluoretileno-, conocido como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes. El PS -Poliestireno-, fue desarrollado por los alemanes en los años 30 es un plástico muy usado para vasos y recipientes por su delicada transparencia. El EPS - Poliestireno Expandido-, una espuma blanca y rígida, es usado básicamente para embalaje y como aislante térmico. (Gaggino, 2008)

En esta misma época de los 30, el químico Wallace Carothers elabora la primera fibra artificial, el nylon, resultado de dos sustancias químicas como el hexametildiamina y ácido adípico, que formaban polímeros que al ser bombeado a través de pequeños agujeros y estirados formaban hilos que podían tejerse. Su primer uso fue para la guerra en la fabricación de paracaídas para las tropas estados unidos. Tal fue su éxito que se volvió muy

atractivo y lucrativo para la industria textil al combinarlo con otras fibras naturales como el algodón o lana de aquí que aparecen otras fibras sintéticas como el orlón y el acrilán (Frias et al. 2003).

En 1953, el químico alemán Karl Ziegler, trabajó para mejorar el polietileno, en 1954 el italiano Giulio Natta desarrolló el polipropileno, que en la actualidad son los plásticos más utilizados. En 1963, estos dos científicos compartieron el Premio Nobel de Química por sus estudios acerca de los polímeros (Frias et al. 2003). Por la versatilidad del plástico PET en las últimas décadas ha venido desplazando al vidrio y al PVC en la fabricación de envases.

Tabla 2: Plásticos reciclables

ABREVIATURA	NOMBRE	ASPECTO	PRODUCTOS EN LOS QUE SE ENCUENTRA ESTE PLÁSTICO
PET	Tereftalato de polietileno	Plástico completamente transparente, sin color o verde.	Botellas de agua, refresco, aceite, películas fotográficas, cintas de grabación, paneles.
PEHD	Polietileno de alta densidad	Plástico opaco, blando que se puede comprimir con la mano.	Botellas, baldes, tinas, fundas de suero, recipientes de alimento.
PVC	Policloruro de vinilo	Variable	Recipientes domésticos, botellas y recipientes de alimentos, mangueras, aislamiento de cables eléctricos.
PELD	Polietileno de baja densidad	Variable	Embalaje de folios finos, otros materiales de lámina.
PP	Polipropileno	Plástico duro, no se puede comprimir con la mano, se rompe bajo presión.	Botellas, baldes, tinas, recipientes grandes, recipientes de alimentos, platos desechables.
PEHD (Funda)	Polietileno de alta densidad	Fundas de material más duro, suenan cuando se arrugan.	Fundas impresas de supermercado, fundas rayadas (color de bandera, blanco y rojo, blanco y azul etc.), fundas de leche, de detergente etc.
PELD (Funda)	Polietileno de baja densidad	Funda blanda que se estira rompiéndola, y que no suena cuando se arruga.	Fundas de alimentos usadas en los mercados (unicolores, blancas, color pastel).

Fuente: Röben, E., (2003). El Reciclaje.

Elaboración: Danny Israel Caivinagua Samaniego

1.1.2.2. Características generales de los polímeros.

Las características más importantes del plástico es la relación entre resistencia y densidad, excelentes aisladores térmicos y eléctricos, excelente resistencia a ácidos álcalis o disolventes, estos polímeros también se dividen en dos grupos; el primero los termoplásticos que posee moléculas, sean estas lineales o ramificadas se ablandan al someterlas al calor y los termoestables que tienen moléculas entrecruzadas que al someterlas al calor se endurecen más. (Mancini & Zanin, 1999, págs. 33-38)

1.1.2.3. Clasificación de los plásticos según su plasticidad.

Según su plasticidad y comportamiento al someterlo a temperaturas elevadas, los plásticos se clasifican en dos grupos de polímeros:

- Termoplásticos.
- Termoestables.

1.1.2.3.1. Termoplásticos.

Por su propiedad estos plásticos al calentarse pueden fluir como líquido viscoso y usarse y reutilizarse una y otra vez sin perder su propiedad estos termoplásticos componen el 85 % de los plásticos, entre los principales están:

- Polietileno
- Polipropileno
- Poliestireno
- Cloruro de Polivinilo
- Nylon
- Polietileno Tereftalato

1.1.2.3.2. Termoestables.

Estos plásticos se funden al aplicar calor y se solidifican al aplicar aún más calor, estos no pueden ser recalentados y re moldeados, pero pueden reprocesarse por fusión. Estos polímeros generalmente son más resistentes, pero más frágiles, que los termoplásticos, entre sus principales tipos están:

- Resina de Poliéster

- Melanina Formaldehído
- Urea Formaldehído
- Fenol Formaldehído (Bakelita).

1.1.3. Polímero PET



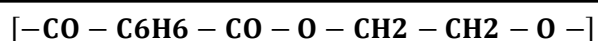
Figura 6: Plásticos PET
Fuente: Dominguez Sanz (2013)
Elaboración: Dominguez Sanz (2013)

El plástico PET, o Polietileno Tereftalato, fue patentado como un polímero para fibra, por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1941. En 1951 comenzó la producción comercial de fibra de poliéster, teniendo gran éxito debido por su calidad pasaron a ser envases de bebidas en 1976, eran gruesos envases, pero gracias al desarrollo tecnológico ahora son mucho más finas sin perder sus propiedades.

El PET es el plástico ideal por su ligereza, su resistencia mecánica a la compresión por su excelente barrera a los gases, alto brillo y transparencia además de conservar los olores y sabores de los alimentos y ser reutilizable (Anon 2008).

El PET se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol y su fórmula química es:

Forma simplificada:



1.1.3.1. Características generales del PET.

- Procesable por soplado, inyección, extrusión
- Transparencia y brillo
- Barrera contra gases

- Cristalizable
- Se esteriliza por gamma y óxido de etileno
- 100 % reciclable
- Liviano
- Al quemarse no segura gases tóxicos

Tabla 3: Propiedades físicas

PROPIEDADES FÍSICAS	
Absorción de agua - Equilibrio (%)	< 0,7
Densidad (g/cm ³)	1,3 - 1,4
Índice refractivo	1,58 - 1,64
Inflamabilidad	Auto extinguable
Resistencia a los ultravioletas	Buena

Fuente: Tesis ESPOL, Aplicación para PET reciclado, 2004.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Tabla 4: Propiedades mecánicas

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Coefficiente de fricción	0,2 - 0,4
Dureza – Rockwell	M94 – 101
Resistencia a la tracción (Mpa)	190 – 160
Resistencia al impacto (Jm ⁻¹)	13 – 35

Fuente: Tesis ESPOL, Aplicación para PET reciclado, 2004

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Tabla 5: Propiedades térmicas

PROPIEDADES TÉRMICAS	
Calor específico (KJ. Kg ⁻¹ . K ⁻¹)	1,2 - 1,35
Coefficiente de expansión térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	20 - 80
Conductividad térmica (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	0,15 - 0,4
Temperatura máxima de utilización (°C)	115 - 170
Temperatura mínima de utilización (°C)	-40 a -60

Fuente: Tesis ESPOL, Aplicación para PET reciclado, 2004.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Tabla 6: Resistencia química

RESISTENCIA QUÍMICA	
Ácidos concentrados	Buena
Álcalis	Mala
Alcoholes	Buena
Grasas y aceites	Buena
Halógenos	Buena
Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable

Fuente: Tesis ESPOL, Aplicación para PET reciclado, 2004.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

1.1.3.2. Polimerización.

“La polimerización se refiere a una reacción química donde las pequeñas moléculas o monómeros se agrupan químicamente para formar una molécula alargada con forma de cadena, llamada polímero” (Cabezalí, 2014).

Por su parte Barroso, Gil, & Camacho (2010) manifiestan que las moléculas de polímeros, denominadas macromoléculas, son de un tamaño mucho menor que la de los hidrocarburos, que son compuestos de C e H donde los átomos se enlazan por medio de enlaces covalentes, encontrándose en el grupo de materiales orgánicos la mayoría de los polímeros.

Las reacciones de polimerización se constituyen en un elemento de gran interés, por el hecho que son la base para la obtención de plásticos y fibras. Una propiedad muy interesante de los alquenos, es su capacidad para unirse entre sí para formar polímeros, una polimerización muy común en los alquenos es la catalizada por radicales libres, denominada polimerización radicalaria. (Cabildo & et al, Madrid)

En la industrialización se dividen dos componentes.

- TPA -Ácido Tereftálico-
- DMT -Dimetiltereftalato-

El proceso de esterificación elimina el agua del TPA y metanol, en el proceso del DMT, se obtiene el monómero Bis-beta-hidroxi-etil-tereftalato, posteriormente pasa a la etapa de policondensación, mediante catalizadores y temperaturas elevadas superiores a los 270° C, dando así la polimerización de esta resina. (Gaggino, 2008)

Cuando la masa polimérica alcanza la viscosidad necesaria se introducirá nitrógeno para llenar los vacíos y evitar la oxidación, luego se extrude por medio de un tamiz que deja como hilos los cuales pasan por el agua para endurecerse y luego ser procesados como materia prima que nuevamente pasa “al proceso de fabricación gracias a su baja viscosidad o menor peso molecular ideal para la fabricación de envases” (Gaggino, 2008)

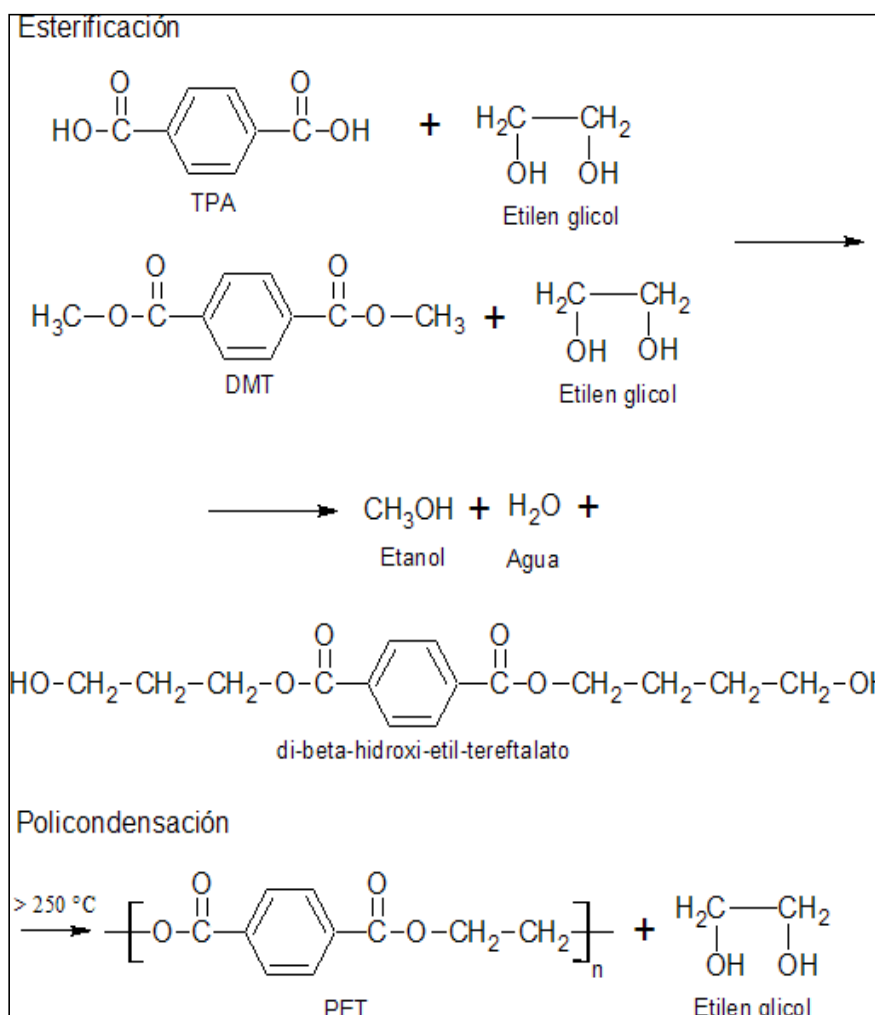


Figura 7: Proceso de polimerización

Fuente: Polimerización Clayden (2013)

Elaboración Polimerización Clayden (2013)

1.1.3.3. **Cristalización.**

La cristalización consiste en un tratamiento térmico a 130 - 160 °C. Cuando cambia la estructura de los polímeros semicristalinos, de la estructura amorfa (transparente a la luz), a una estructura cristalina (opaca a la luz) de coloración blanca lechosa debido a la resina. Todo el proceso puede variar de 10 a 60 minutos. La densidad del PET pasa de 1.33 g/cm³ del amorfo a 1.4 del cristalino (Mancini & Zanin, 1999)

1.1.3.3.1. Polimerización en estado sólido o post polimerización.

La post polimerización es una etapa posterior de la polimerización del PET. Los gránulos cristalizados son sometidos a una efusión de gas inerte de nitrógeno a temperatura elevada sobre los 200 ° C.

Esta reacción aumenta el peso molecular de la resina y su viscosidad de (0.72 – 0.86) idóneos, además que esta resina contiene un elevado grado de cristalinidad (> 50) ideal para la elaboración de botellas. ("Bottle Grade"), (Mancini & Zanin, 1999)

Para que el PET se convierta en envases, se desarrolla un proceso de inyección-estirado-soplado del PET, utilizado preformas con una cabeza con rosca para un tapón el cual es aplicado a una segunda máquina con una cavidad que tiene un molde definido, al calentar la pieza es "soplado", como inflado hasta que toman la forma deseada.

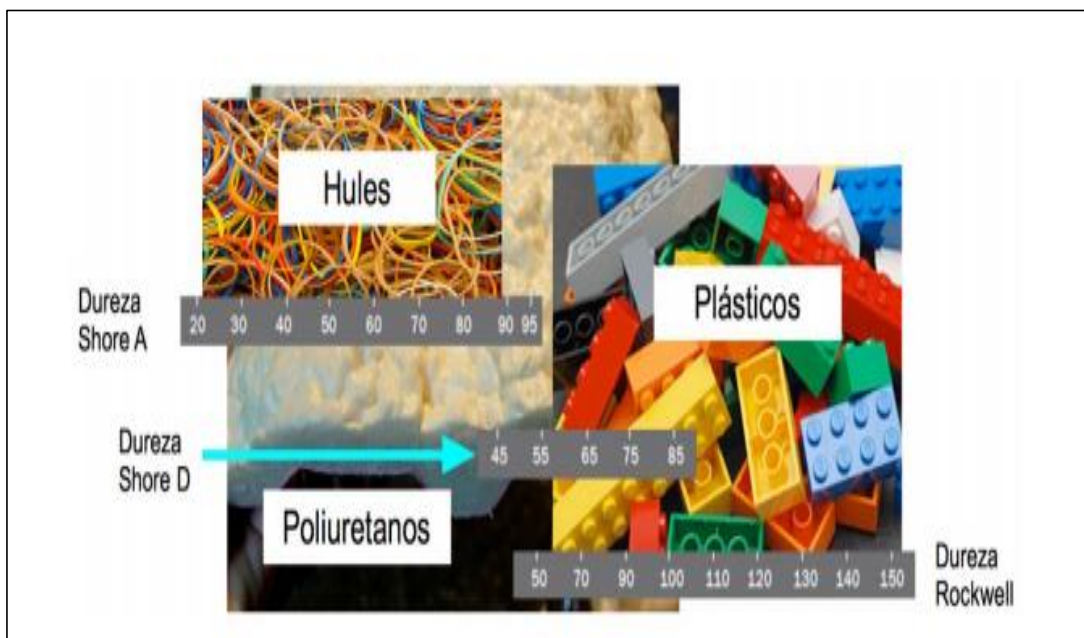


Figura 8: Comportamiento en término de la dureza que presentan distinto polímeros
Fuente: Serrano, Mendizábal, & Ortega, (2015). Introducción a la ciencia de los polímeros Clayden (2013)
Elaboración: Polimerización Clayden (2013)

Con este procedimiento, las moléculas se acondicionan en forma de tejido, fijándose en dos direcciones; longitudinal y paralela al eje del envase, esta propiedad se llama biorientación dando la excelente resistencia mecánica del envase.

1.1.4. Polímero Reciclado PET



Figura 9: Reciclaje Plástico PET
Fuente: Tipos de basura GREENPEACE (2015)
Elaboración: GREENPEACE (2015)

Consiste en reutilizar al producto (PET) de tal manera que no pierda sus propiedades ni genere desechos al reciclarlo para que nuevamente vuelva al círculo de producción de manera eficiente y eficaz.

Actualmente en el mundo el excesivo uso del plástico ha causado tanto utilidad como malestar al medio ambiente al ser desechado. En nuestro país Ecuador no existen plantas que fabriquen envases PET u otros productos por lo que todo lo que ingresa y se desecha en importado, por tanto, las empresas de reciclaje exportan estos desechos plásticos, lo mismo ocurre con las empresas recicladoras lojanas.

Actualmente, el único tratamiento que se da al PET por parte de las empresas lojanas encuestadas como Reipa y el Vertedero municipal solo comprime este material hasta convertirlos en bloques para su exportación.

1.1.4.1. Ventajas de reciclar PET.

- Reduce la cantidad de residuos en los vertederos.
- Se ahorran recursos naturales, energía, materia prima y recursos financieros.
- La reducción en el depósito disminuye la contaminación y el efecto invernadero.
- Se requiere menos energía al transportar materiales más livianos. Menos combustible quemado, menos contaminación.

1.1.4.2. Reciclado mecánico.

Para el reciclaje mecánico de plásticos se deben separar los distintos tipos de polímeros en fracciones individuales.

- Trituración para obtener diferentes granulometrías
- Remoción de contaminantes y metales
- Lavado
- Secado
- Aglutinado

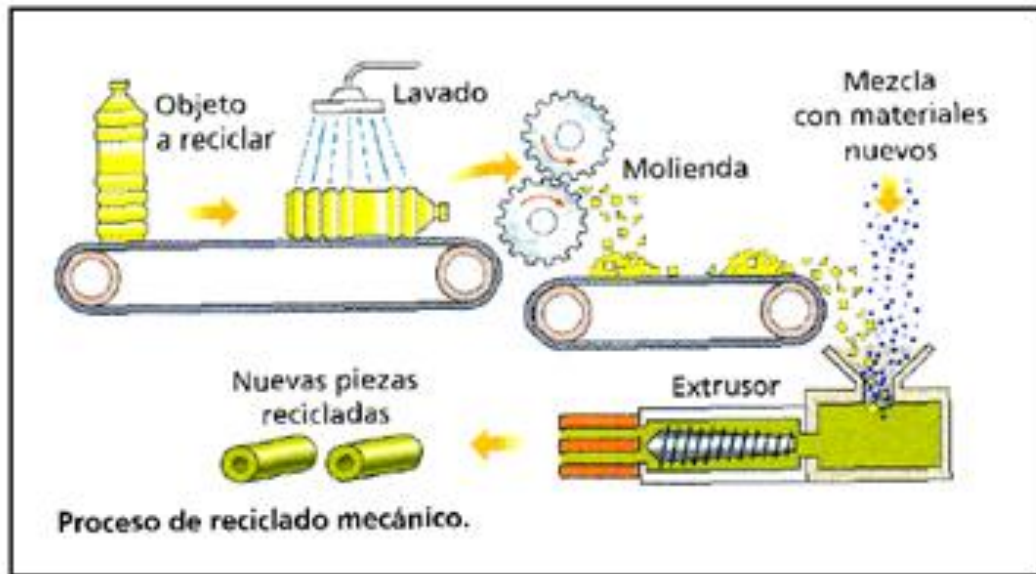


Figura 10: Reciclado mecánico

Fuente: Proceso de reciclado (Jimenez, 2014)

Elaboración: Jimenez (2014) Proceso de reciclado

Descripción:

- **Trituración.** - El plástico es fragmentado en pequeñas partes con un molino especial.
- **Remoción de contaminantes.** - En esta etapa son removidos los diferentes tipos de contaminantes por ejemplo etiquetas, papel otros contaminantes.
- **Lavado.** - Después de la remoción de contaminantes, el plástico pasa por una etapa de lavado para eliminar la suciedad. Es preciso que el agua de lavado reciba un tratamiento para su reutilización o emisión como afluente.
- **Secado.** - En esta etapa se retira el agua que se encuentra junto al material, el método utilizado es conocido como centrifugado, aquí el material pasa por una centrifugadora la cual retira el exceso de agua.
- **Aglutinación.** - Además de completar el secado, el material es compactado, reduciéndose así el volumen que será enviado a la extrusora. La fricción de los fragmentos contra la pared del equipo rotativo provoca el aumento de la temperatura, formándose así una masa plástica. El aglutinador también se utiliza para la incorporación de aditivos, tales como cargas, pigmentos y lubricantes.

- **Extrusión.** - La extrusora funde y vuelve a la masa plástica homogénea. A la salida de la extrusora se encuentra el cabezal, del cual sale un “espagueti” continuo que es enfriado con agua. Enseguida, el “espagueti” es picado en un granulador transformando en pellet (granos plásticos).

1.1.4.3. Reciclado Químico.

El reciclado químico, consiste en diferentes procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros son craqueadas (rotas) dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos plásticos. El reciclado químico comenzó a ser desarrollado por la industria petroquímica con el objetivo de lograr las metas propuestas para la optimización de recursos y recuperación de residuos, algunos métodos de reciclado químico ofrecen la ventaja de no tener que separar tipos de resina plástica, es decir, que pueden tomar residuos plásticos mixtos reduciendo de esta manera los costos de recolección y clasificación. Dando origen a productos finales de muy buena calidad. (Mancini & Zanin, 1999)

Los principales procesos existentes son:

- **Pirolisis.** - Es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío, este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías.
- **Hidrogenación.** - En este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor, así las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.
- **Gasificación.** - Los plásticos son calentados con aire o con oxígeno, así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.
- **Quimiolisis.** - Este proceso se aplica a poliésteres, poliuretanos, poli acetales y poliamidas.
- Requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas, consiste en la aplicación de procesos solvolíticos como hidrólisis, glicólisis o alcoholisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos.

- **Metanólisis.** - Es un avanzado proceso de reciclado que consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster (el PET), es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen. (Mancini & Zanin, 1999)

1.1.4.4. Consideraciones del PET reciclado.



Figura 11: El reciclado

Fuente: Plastico PET compactado (2016)

Elaboración: Plastico PET compactado (2016)

El PET generalmente se encuentra en diferentes tipos de envases como gaseosas, agua, aceites, shampo, además como empaques para productos en general, esto hace que el PET post consumo se encuentren junto o mezclado con otros tipos de plástico como por ejemplo etiquetas de PEAD, tapa de PP y PVC.

La presencia de estos plásticos en los artículos a reciclar origina que el PET presente turbidez, como también los adhesivos que en presencia de calor degradan al material disminuyendo su viscosidad, para ello se debe tener presente que las propiedades del PET reciclado se degradan iniciando reacciones que rompen las cadenas moleculares. Los tipos de descomposición de los plásticos son:

- **Degradación térmica:** Se presenta cuando el polímero es expuesto a elevadas temperaturas, originando cambios químicos en la estructura del material. Las impurezas o aditivos que contiene el plástico reaccionan con la matriz en presencia de calor.
- **Degradación mecánica:** se lleva a cabo por los efectos microscópicos que producen los esfuerzos de cizalla; estos generan calor de fricción, iniciando el rompimiento de cadenas. La degradación mecánica se controla con la velocidad del husillo.

- **Degradación por radiación química:** que se efectúa cuando se expone al polímero a una radiación de energía electromagnética como son los rayos X o rayos gamma, o por radiación de partículas como electrones o neutrones. A este tipo de exposición solo muy pocos plásticos resisten, por este motivo no todos los materiales se pueden esterilizar.
- **Degradación química:** la misma que se refiere estrictamente a los cambios que se producen cuando el plástico tiene contacto con ácidos, bases, solventes y reactivos. (Mancini, Bezerra., 1998)

En la industria de transformación de plásticos, existen dos formas de degradación: térmica y la mecánica. La degradación del material se incrementa según al número de historias térmicas, originando que, en determinada cantidad de pasadas, el plástico se descomponga totalmente. Las características del PET reciclado se conservan con la ayuda de aditivos especiales, como el estabilizador de fosfito y el estabilizador fenólico/fosfito. (Mancini, Bezerra., 1998)

1.1.5. Porcentaje de Reciclaje

1.1.5.1. Referente internacional.

“En Estados Unidos, en 2010 se generó 31 toneladas de residuos plásticos, lo cual representa 12.4% de los residuos municipales. La producción de desechos sólidos en América Latina y el Caribe ha variado considerablemente; ya que en los últimos 30 años el promedio era de 0.2 a 0.5 kg/hab./día, en la actualidad puede llegar a 1.2 kg/hab./día.” (Palacios L. 2010)

La composición del Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es la siguiente: Materia orgánica 30%, Plástico 14%, papel y cartón un 20%, varios 36% (vidrio, textiles, especiales, compuestos, otros)

1.1.5.2. Referente nacional.

En nuestro país la situación no está muy distante a lo que sucede en otros sectores del planeta ya que los indicadores son los siguientes:

- **“Quito:** En el año 2007, el Distrito Metropolitano generó aproximadamente 1.800 toneladas diarias de basura, depositada en el relleno sanitario de El Inga, producción

per cápita 0.84 kg/hab./día lo que es igual a 55 libras por mes. Composición del RSU es la siguiente: Materia orgánica 61%, Plástico 13.8%, papel y cartón un 8.6%, varios 16.6% (vidrio, textiles, especiales, compuestos, otros).

- **Guayaquil:** En el año 2007 generó 2.440 toneladas diarias de basura (60% orgánico y 40 inorgánico), depositadas en el relleno sanitario Las Lagunas, producción per cápita 0.70 kg/hab./día. Composición del RSU es la siguiente: Plástico 14.7%, papel y cartón un 7%, varios 78.3% (vidrio, textiles, especiales, compuestos, otros).” (Palacios L. 2010)
- **Cuenca:** Se recolectan 380 toneladas por día con una cobertura del 94% en el área urbana, se estima que la generación total de basura es de 0,603 Kg/hab./día, depositados en el relleno sanitario de Pichacay, el material reciclado es de 10 toneladas semanales, lo que representa apenas el 0.45% de la generación total de desechos. Se determina que el índice promedio de material reciclable a nivel nacional es aproximadamente un 14% que significa 253 mil toneladas.

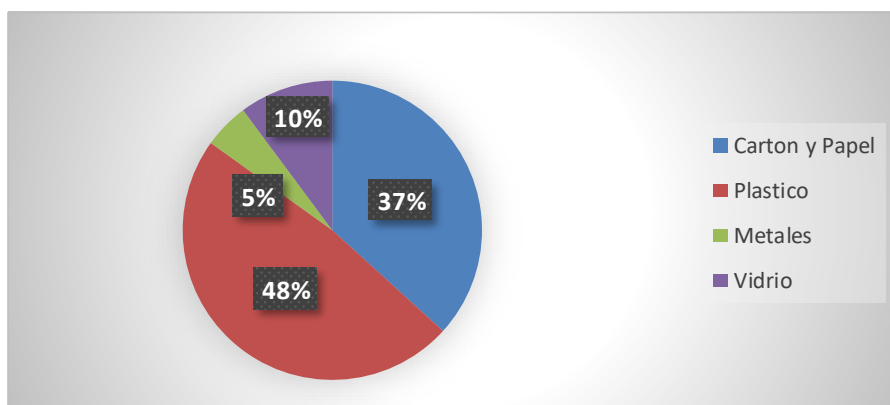


Figura 12: Materiales Reciclados Ecuador

Fuente: Gestores de recolección y tratamiento de los residuos sólidos

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

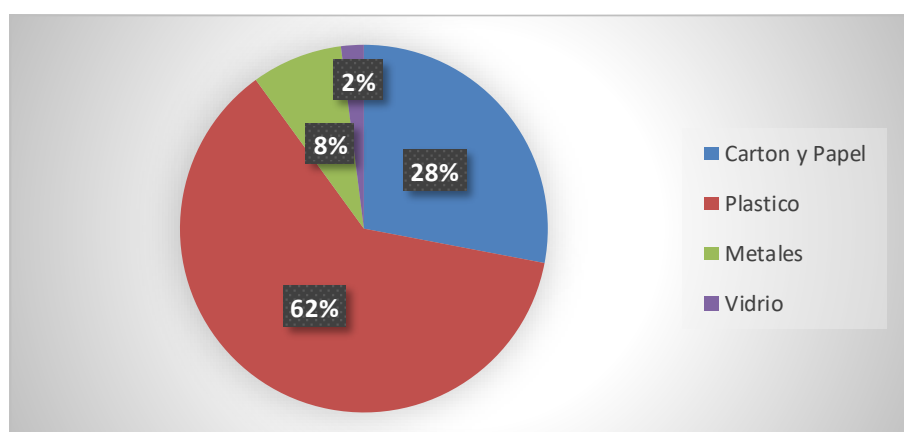


Figura 13: Materiales Reciclados: Ecuador, análisis monetario

Fuente: Gestores de recolección y tratamiento de los residuos sólidos

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

De acuerdo a la figura 12 se observa que los procesos de reciclaje realizados anualmente generan un alto volumen de diversos materiales entre los que se puede destacar los más importantes como el cartón- papel 37% y plástico 48%, si bien es cierto el primero tiene un mayor volumen, esto se debe a la suma de dos materiales y por el contrario existe gran diferencia en lo referente a los recursos económicos que produce el plástico con 16,47 (62%) millones de dólares frente 7.83 millones (28%) de dólares de los otros dos materiales.

1.2. Proceso de reciclaje PET, PEAD y su normativa.

Una vez determinado las definiciones de PET, se procede con el material necesario para la obtención del ladrillo; para ello se requiere de herramientas, equipos y procesos que se explicaran a continuación:

1.2.1. Equipos y herramientas.

Según (Pedraza, 2014) los equipos y herramientas se han de realizar analizando la capacidad de producción de la planta, los equipos deben ajustarse a los requerimientos de las líneas de producción, para no sobredimensionar su capacidad y así tener una coordinación entre los procesos. (pág.23)

1.2.1.1. Equipos.

El reciclaje del PET y PEAD se está proyectando como parte fundamental en el cuidado del medio ambiente, con esto, se está convirtiendo en una de las mayores oportunidades de negocios para toda la industria plástico.

Entre los equipos de mayor rendimiento para el proceso de reciclaje y moldeado es:

1.2.1.2. Equipo de reciclaje de PET.

Trituración, lavado, secado línea (acero inoxidable)



Figura 14: Equipo de reciclaje de PET
Fuente: PET Bottle Changzhou (2010)
Elaboración: PET Bottle Changzhou (2010)

1.2.1.3. Herramientas.

Entre las herramientas más importantes tenemos:

Tabla 7: Herramientas

Nº	Producción	Cantidad	Unidades	Potencia(kw)
1	Transportador de cinta	1	Conjunto	1.5
2	Removedor de etiqueta	1	Conjunto	18.5+5.5
3	Cinturón de control (Belt cofor checking)	1	Conjunto	2.2
4	Transportador de cinta	1	Conjunto	1.5
5	SWP800 trituradora	1	Conjunto	30
6	Tornillo transportador de alimentación	1	Conjunto	3
7	ST500 lavadora de vapor	1	Conjunto	7.5
8	Tornillo transportador de alimentación	1	Conjunto	3
9	360 lavadora horizontal	1	Conjunto	7.5
10	400 arandela simple de tornillo flotante	2	Conjunto	3x2
11	Desagüe máquina	1	Conjunto	7.5
12	Calentador cuadro	1	Conjunto	24
13	Ventilador máquina	1	Conjunto	7.5
14	Tubo sistema de transporte	1	Conjunto	
15	Tolva de almacenamiento	1	Conjunto	
16	Caja eléctrica	1	Conjunto	
Potencia total: 117.7kw				

Fuente: Tesis ESPOL, Aplicación para PET reciclado, 2004.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

1.2.2. Obtención de materia prima.

Con el fin de determinar el proceso adecuado con el que se podrá obtener la materia prima del plástico reciclado para su posterior fabricación de los ladrillos propuestos para la presente investigación se toma como referencia la investigación realizada por Pin (2016) quien hace mención:

Cientos de miles de botellas de plástico llegan a la planta de reciclaje. Se prensan para que ocupen menos espacio y se forman grandes bloques rectangulares, como si fuesen grandes bloques de ladrillos, para que se puedan manejar de forma más cómoda.

Las botellas, una vez están limpias y sin etiquetas, se secan y se clasifican. Las botellas PET van, por un lado, las de PVC por otra, las de PE, las de ABS y otros tipos de plástico por otro. Además, en algunas plantas, un sistema de reconocimiento óptico las separa por colores. Una vez separadas las botellas por tipo, y pasando antes por una línea de limpieza en la que operarios hacen el último descarte de las botellas que no pueden reciclarse por alguna razón, se trituran, quedando el plástico reducido a unos pequeños trozos que se asemejan a diminutos cristales rotos o a una especie de copos de plástico. (Pin, 2016)

1.2.2.1. Método para disponer de los envases PET post consumo.

La alternativa de este método es crear una cadena de reciclaje, donde el gobierno a través de un marco legal obligue a participar en un sistema de encaje PET a productores, supermercados o puntos de venta y consumidores finales.

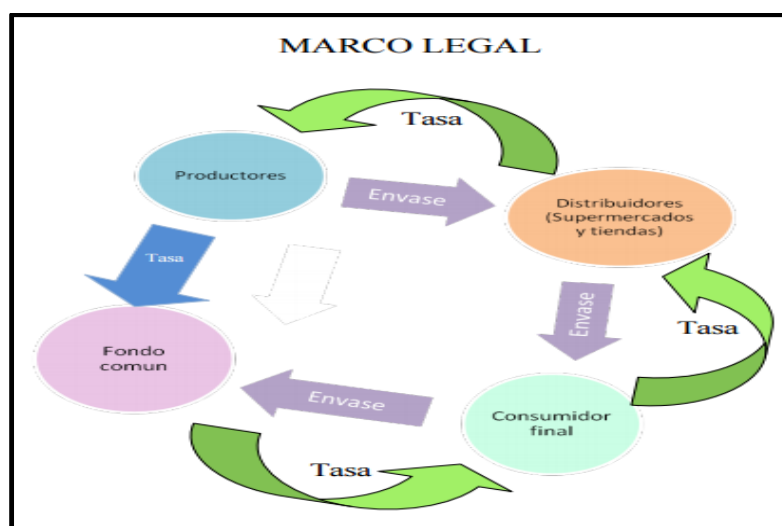


Figura 1: Marco legal - reciclaje

Fuente: Normativas entorno al reciclaje (Correa & Cumbe, 2015)

Elaboración: Correa & Cumbe, 2015

En el Ecuador se han generado normativas regulatorias, Artículos en la Constitución de la República del Ecuador, puntos en el plan del Buen Vivir entre otros, se han desarrollado procesos participativos que han llevado, en muchas ciudades que trabaje en un reciclaje inclusivo, esto es, donde las personas que reciclan sean reconocidas como actores protagónicos en la sociedad. (Correa & Cumbe, 2015)

La responsabilidad de cada uno de los actores de la cadena de reciclaje es la siguiente:

- El gobierno Municipal de Loja
- Los productores (Industria de bebidas)
- Supermercados o puntos de venta.
- Consumidor final al momento de adquirir la bebida

1.2.2.2. Método Para procesar los envases PET post Consumo.

El PET es un material que acepta perfectamente su reciclado y se lo puede conseguir a través de dos métodos: químico y mecánico.

Para el reciclaje mecánico se empieza con una recolección selectiva, la cual se llevará a cabo mediante maquinas captadoras, que solo aceptaran envases post consumo proveniente de las empresas de cadena de reciclaje

Una vez que la planta los envases compactados serán colocados en una banda transportadora en la que se realizara una separación de posibles partes metálicas y una clasificación de envases de colores donde serán luego triturados o fragmentados en pequeñas hojuelas.

Después del proceso de lavado y separado, se procederá nuevamente a moler el material dejándolo con las medidas requeridas, para mayor eliminación de impurezas el lavado se hará con un material químico, luego de esto el material será enviado a través de un sinfín a la selección de enjuague, aquí el material, se procederá a secarlo, para luego ser almacenado.

1.2.2.3. Clasificación de polímero PET de PEAD.

En este punto es importante aclarar esta clasificación, porque las botellas de polímero PET vienen con tapas de polímero PEAD, lo cual puede producir alteración al reciclarlas por sus diferentes propiedades si es el caso de hacer una nueva botella, pero en este caso, se aglutinará en una sola masa puede ser favorable.

1.2.2.3.1. *Material PET.*

Es un poliéster aromático. Su denominación técnica es polietilén tereftalato o politereftalato de etileno y forma parte del grupo de los termoplásticos, razón por la cual es posible reciclarlo. El PET presenta las siguientes propiedades:

- Procesable por soplado, inyección y extrusión.
- Apto para producir botellas, películas, láminas, planchas y piezas.
- Transparencia (aunque admite cargas de colorantes) y brillo con efecto lupa.
- Alta resistencia al desgaste.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios. Excelentes propiedades mecánicas.
- Biorientable
- Cristalizable.
Esterilizarle por rayos gamma y óxido de etileno.
- Buena relación costo / performance.
- Se encuentra como No.1 en reciclado.
- Liviano.

1.2.2.3.2. *Material PEAD.*

Los productos hechos de polietileno van desde materiales de construcción (tuberías para líquidos y láminas para aislamiento hidrófugo) y aislantes eléctricos hasta material de empaque. Es un polímero muy ligero, sólido, incoloro, traslúcido y muy flexible. Atacado por los ácidos, pero resistente al agua a 100°C y a la mayoría de los disolventes ordinarios. Su densidad es igual o menor a 0.941 g/cm³. (Faber, 2009)

Posee un bajo nivel de ramificaciones, por tal razón tiene una alta densidad; son elevadas también las fuerzas intermoleculares, sus propiedades:

- No es tóxico

- Resistente a las bajas temperaturas;
- Alta resistencia a la tensión; compresión, tracción;
- Baja densidad en comparación con metales u otros materiales;
- Impermeable;
- Inerte (al contenido),
- Baja reactividad;
- Baja estabilidad dimensional.

1.2.2.4. Selección y clasificación de plásticos y no plástico.

El objetivo de esta etapa, que se localiza en diferentes puntos de la línea de reciclado, es obtener un producto más limpio, mediante la eliminación de impurezas de otros materiales. Es muy crítica en el PET.

Esta selección se hace de forma automática y/o manual, basándose en una amplia variedad de criterios: color (por ejemplo, eliminar colores críticos como amarillo, marrón rojo y negro; dejar solo los azules e incoloros), materiales plásticos (eliminación de PE, PP, PVC), forma (por ejemplo, seleccionar solo botellas de refresco y agua) y eliminación de materiales metálicos. (Ministerio del Ambiente, 2004)

En función de las propiedades de los materiales se utilizan diferentes sistemas de separación: separadores colorimétricos, de infrarrojo cercano (NIR), triboeléctricos, ultravioletas, Foucault o corrientes de Eddy. Su mayor o menor efectividad depende de las características de lo que hay que separar: grado de suciedad, humedad, entre otros.

Lo difícil de esta etapa es la difícil clasificación de los residuos ya que el plástico se ha convertido en la actualidad en uno de los materiales más comunes y usados por nuestra sociedad: desde envases de bebidas o detergentes, elementos de la construcción, partes de vehículos, sector sanitario, electrodomésticos, jardinería, decoración, mobiliario, y así hasta abarcar prácticamente cualquier sector. Por lo que clasificar por completo estos residuos es una tarea casi imposible y queda las nuestras del PET diríamos combinado con otros por lo que tiene que pasar por filtros de calidad para ser usado nuevamente en la industria alimentaria. (Ministerio del Ambiente, 2004)



Figura 15: Residuos plásticos

Fuente: Botellas de plástico, Alvarado (2015)

Elaboración: Botellas de plástico, Alvarado (2015)

El plástico es un material con grandes ventajas que favorece su uso: son económicos, son versátiles y son duraderos y gracias a sus propiedades al generar la masa adquiere propiedades combinadas que son aprovechadas para hacer objetos que no requieren mayor detalle en su construcción como pallets masetas. (Placencia, 2013)

El plástico proviene del petróleo, del carbón, del gas natural, de la celulosa y de la sal, a los que se añaden a través de otros procesos diferentes aditivos para darles nuevas propiedades, como ser más blandos, más transparentes, más coloreados, más rígidos, más flexibles, más aislantes.

El plástico está compuesto por resinas sintéticas, que pueden ser de siete tipos diferentes, y para reciclarlo el primer paso es separarlo de acuerdo a su clasificación. Este paso es fundamental para el reciclaje, proceso cuyos elevados costos han sido un obstáculo para que se implemente a mayor escala. (Placencia, 2013)

Reciclar los residuos plásticos consiste en convertirlos en nueva materia prima lista para volver a la producción de los más distintos objetos. No todos los plásticos pueden reciclarse, sólo los llamados termoplásticos: polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD), polipropileno (PP), poliestierno (PS) y cloruro de polivinilo (PVC).

1.2.2.5. Triturado.

Los envases son reducidos de tamaño, normalmente mediante molinos de cuchillas. Puede haber uno sólo o varios en la misma línea. El tamaño final puede variar de una

instalación a otra, aunque lo habitual es obtener una escama menor de 10 mm y libre de polvo.

1.2.2.6. Lavado.

Su mayor o menor efectividad depende de las características de lo que hay que separar: grado de suciedad, realizándolo con detergentes y o agua caliente para eliminar la mayor cantidad de residuos improprios de los polímeros.

1.2.2.7. Secado.

El proceso de secado consiste en almacenar el PET en una tolva con un dispositivo calefactor y mantenerlo durante un período de cuatro horas como mínimo a una temperatura de 180° C

Posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material, para que pueda ser comercializado y posteriormente procesado. Pueden usarse secadores centrifugados, es decir tambores, especialmente diseñados para extraer la humedad por las paredes externas del equipo o también pueden utilizarse secadores de aire ya sea caliente o frío, que circulando por entre el material picado, eliminan la humedad hasta los límites permisibles. Procesos que combinen el molido y el lavado o el lavado y el secado, también son posibles y constituyen alternativas del proceso. (Gonzalez A. , 2015)

El triturado ya limpio y más puro es secado (150-180°C), para su almacenamiento, su posterior extrusión o para una fase de descontaminación en forma de granza o escama, dependiendo del proceso.

Master (2013) El tiempo de secado de la escama puede variar mucho (desde algunos minutos hasta varias horas) dependiendo de si se hace en presencia de vacío o no. Este proceso, junto con los tres anteriores se va alternando, dependiendo de la estructura final de la línea o líneas que se tengan. Material que alcanza casi el 100% de pureza con una cierta humedad (mayor o menor dependiendo de la efectividad del proceso de secado, pero normalmente < 0,7%). Por lo tanto, supone una reducción importante de los contaminantes iniciales del residuo.

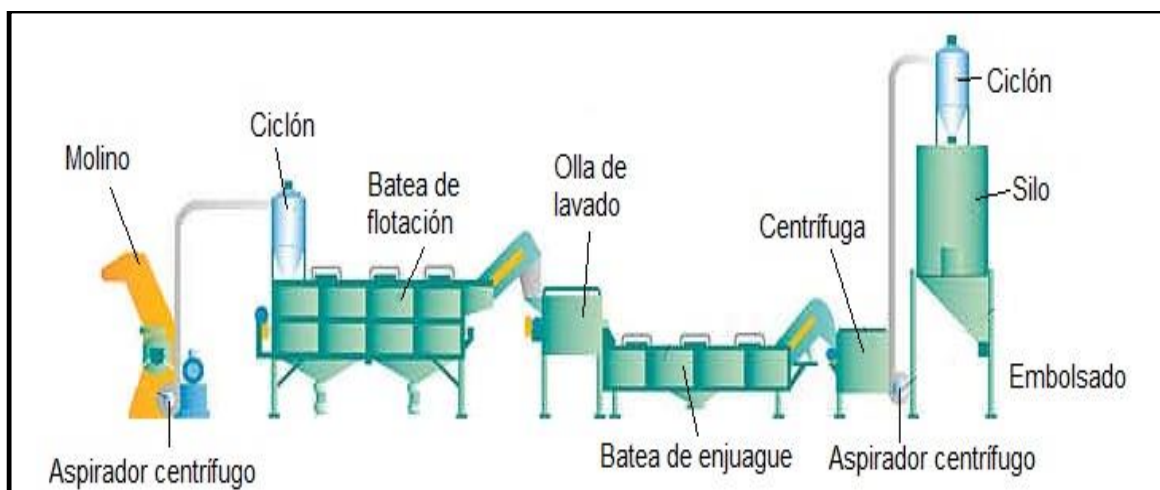


Figura 16: Proceso de triturado, lavado y secado

Fuente: Maquinaria de reciclaje (2012)

Elaboración: Botellas de plástico, Alvarado (2015)

1.2.2.8. Temperatura para fluido y moldeado del PET.

La temperatura soportable por el PET sin deformación ni degradación aventaja a la de otros materiales. Téngase en cuenta que este material se extorsiona a temperaturas superiores a 250 ° C, siendo su punto de fusión de 260° C

1.2.2.9. Pos polimerización.

El granulo cristalizado se carga en un reactor cilíndrico en cuyo interior, durante tiempos muy largos, es sometido a un flujo de gas inerte (nitrógeno) a temperatura elevada (sobre los 200°C).

Este tratamiento ceba una reacción de polimerización que hace aumentar posteriormente el peso molecular de la resina hasta los valores correspondientes de I.V. (0.72 – 0.86) idóneos para la fabricación de la botella.

Mariano (2013) El aumento de la viscosidad intrínseca es directamente proporcional al aumento del peso molecular. En esta reacción, mientras se ligan las moléculas, es eliminado parte del acetaldehído que se forma en la primera polimerización. Un buen polímero tiene valores de A.A inferiores a 1 ppm. De estos reactores, se descarga PET de elevado porcentaje de cristalinidad (>50) con viscosidad Grado para Botella (“Bottle Grade”).

1.2.3. Proceso de moldeo del PET reciclado.

En la transformación de los plásticos en piezas de formas no siempre requiere un molde para cada una de ellas, según su coste, las series económicas de fabricación son más menos elevadas, por ello a continuación se describen los procesos de elaboración de la pieza. (Riva, 2010)

1.2.3.1. Moldeo por Inyección.

Las escamas de plástico se calientan e inyecta en un molde. Es un proceso relativamente rápido, que es ideal para crear pequeños objetos repetidamente. Podemos hacer múltiples moldes adaptados a nuestras necesidades y crear muchos objetos con un mecanismo realmente fácil. (Ovacen, 2016)

El proceso de inyección - extracción (IBM) provee un acabado superior, este proceso es ideal para producir envases sin costuras y con un amplio rango de resinas, se pueden trabajar varios materiales como polietileno de alta y baja densidad, policarbonato, PVC, Santoprene y polipropileno, adicionalmente, requiere supervisión mínima, por lo que es un proceso más automatizado y permite trabajar con menos desperdicios, más no obliga al reciclaje de recortes ni rebabas. El material que se transforma se destina por completo a la fabricación de la preforma porque con inyección no hay rebabeo. (Paredes, 2007)



Figura 17: Moldeo

Fuente: Tecnología de plástico (2012)

Elaboración: Tecnología de plástico (2012)

El PET reciclado no reforzado no tiene gran demanda como las resinas de moldeo a inyección porque es lento en la cristalización y es propenso a ser frágil. Se ha visto que

mezclando PET reciclado con un elemento modificador como el etilen-etil, incrementa significativamente la resistencia del moldeo a inyección. En general el moldeo a inyección mezclado con resinas contribuye a un incremento en la resistencia del PET.

1.2.3.1.1. Máquina de moldeo de inyección.

La máquina de molde de inyección permite realizar el proceso de conformación de plásticos que se basa en elevar la temperatura del plástico, para luego ser introducido en un molde, normalmente se lo hace por medio de un huesillo que gira y con un calentamiento externo. La pieza de plástico obtenida tiene la forma del molde. (López, 2014)

Perdomo (2013) Un émbolo o pistón de inyección se mueve rápidamente hacia adelante y hacia atrás para empujar el plástico ablandado por el calor a través del espacio existente entre las paredes del cilindro y una pieza recalentada y situada en el centro de aquél. Esta pieza central se emplea, dada la pequeña conductividad térmica de los plásticos, de forma que la superficie de calefacción del cilindro es grande y el espesor de la capa plástica calentada es pequeño. Bajo la acción combinada del calor y la presión ejercida por el pistón de inyección, el polímero es lo bastante fluido como para llegar al molde frío donde toma forma la pieza en cuestión. El polímero estará lo suficiente fluido como para llenar el molde frío. Pasado un tiempo breve dentro del molde cerrado, el plástico solidifica, el molde se abre y la pieza es removida. El ritmo de producción es muy rápido, de escasos segundos

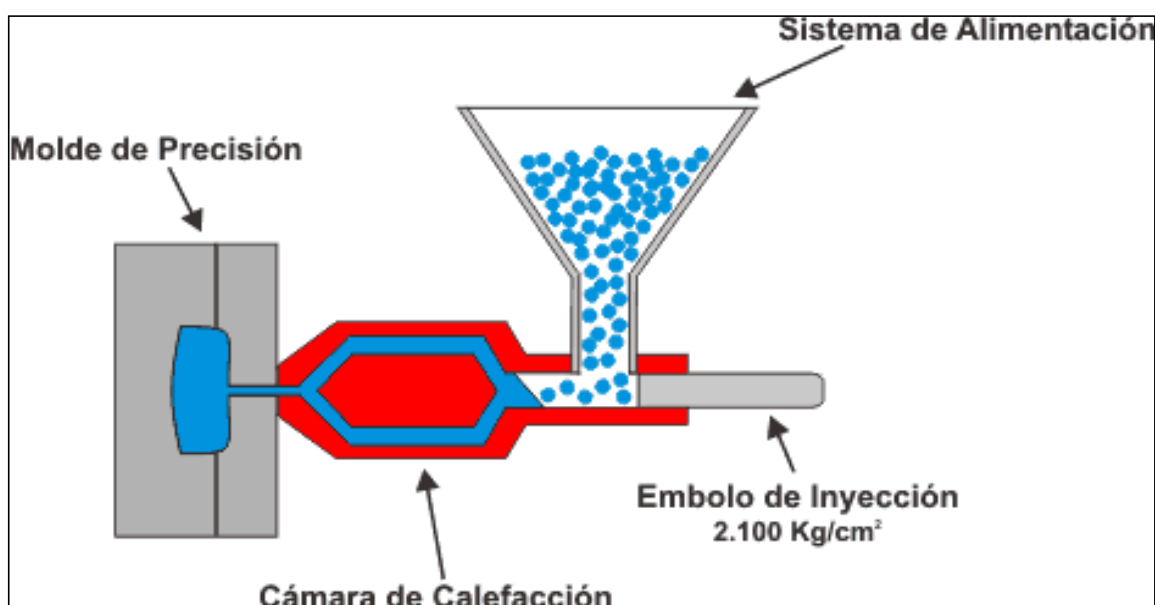


Figura 18: Moldeo
Fuente: Técnicas de Conformados (2013)
Elaboración: Técnicas de Conformados (2013)

1.2.3.1.2. Moldeo grande.

El PET puede ser usado para producir moldes a inyección plásticos. Desde que el PET tiene un gran módulo de flexión incluso más que la poliolefinas, las alturas de los moldes se pueden incrementar comparado con los moldes PE. (Patzl, 2015)

1.2.3.2. Extrusión.

La extrusión se constituye en un proceso de transformación de termoplástico por el que se crean objetos con sección transversal definida y fija, como pueden tubos, hilo de plástico de longitud indefinida o, por decir perfiles de ventana. Es un proceso continuo, en el que, normalmente se obtienen piezas largas. (López, 2014)

Es un proceso continuo muy antiguo donde copos de plástico se inserta en la tolva y son extruidos en una línea de plástico. Condicionado su forma por la boquilla que tenga. Estas líneas pueden ser utilizadas para hacer nuevos materiales como el filamento de impresión 3d, hacer plástico granulado, cualquier tipo de molde, o utilizar en múltiples maneras nuevas y creativas. (Perdomo, 2013)

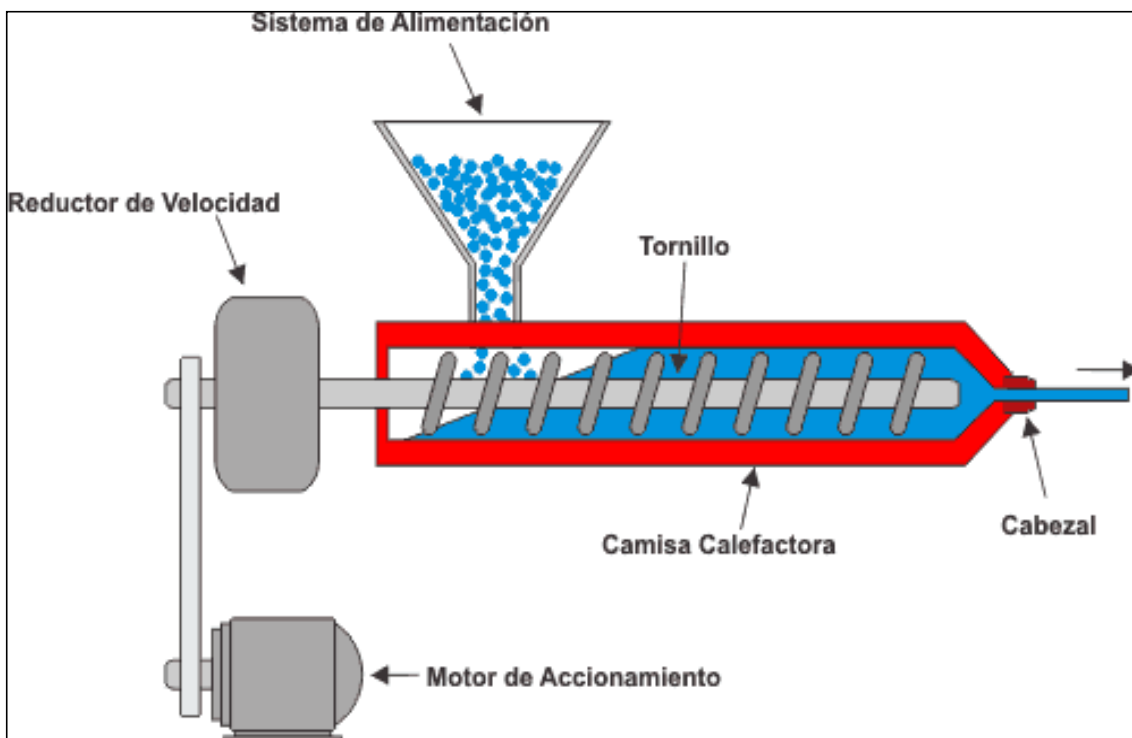


Figura 19: Extrusión

Fuente: Técnicas de Conformados (2013)

Elaboración: Técnicas de Conformados (2013)

1.2.3.3. Molde por insuflación de aire.

Es un proceso usado para hacer formas huecas (botellas, recipientes). Un cilindro plástico de paredes delgadas es extruido y luego cortado en el largo que se desea. Luego el cilindro se coloca en un molde que se cierra sobre el polímero ablandado y le suprime su parte inferior cortándola. Una corriente de aire o vapor es inflada por el otro extremo y expande el material hasta llenar la cavidad. El molde es enfriado para el fraguado.

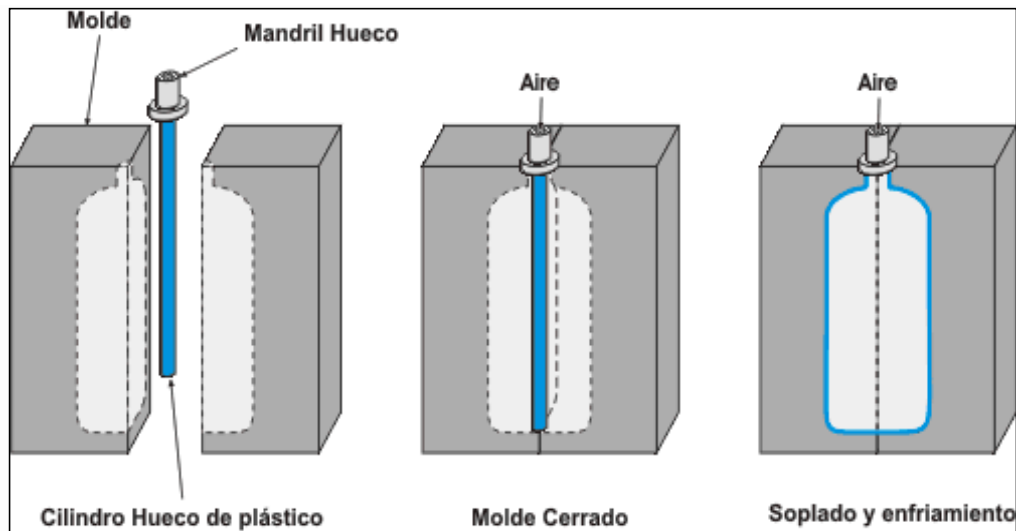


Figura 20: Insuflación del aire

Fuente: Técnicas de Conformados (2013)

Elaboración: Técnicas de Conformados (2013)

1.2.3.4. Moldeo por vacío.

Mediante este proceso se comprime una chapa de resina termoplástica ablandada por el calor contra un molde frío. La chapa toma y conserva la forma del molde. Este método se emplea para revestimientos interiores (puertas de heladeras, gabinetes, etc.)

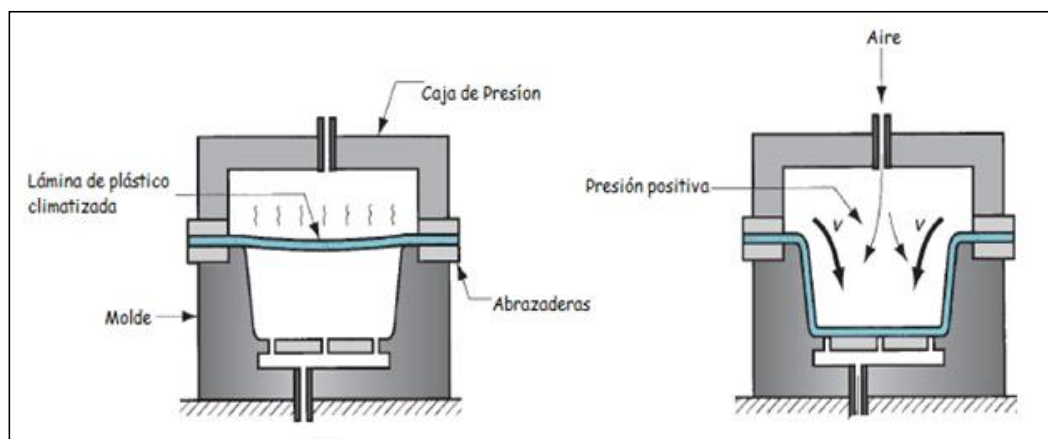


Figura 21: Moldeo por vacío

Fuente: Técnicas de Conformados (2013)

Elaboración: Técnicas de Conformados (2013)

1.2.4. Desmolde de la pieza.

1.2.4.1. Enfriamiento de la pieza.

Los valores de cada uno de los parámetros deben ser establecidos entre el reciclador y el transformador, en base a los requerimientos para la aplicación concreta que se trate (botella, lámina, etc.) La temperatura variara dependiendo del método de moldeo, pero como ejemplo tomares al moldeo por inyección.

Hsing (2016) La temperatura de inyección se fija en 225°C. Este material puede desmoldarse sin problemas a una temperatura de 80°C y son las temperaturas que se tomarán para todos los cálculos. El calor específico medio del material, para un enfriamiento entre dichas temperaturas es 2,99J/ (g °C).

- **Líquido refrigerante:** agua a 18°C El incremento de temperatura a su paso por el molde se fija, como es usual, en 1,5°C.^{1/2/3}
- **Meta:** El sistema de refrigeración debe permitir operar el ciclo de inyección con una duración máxima de 22s, que incluyen 5s para los movimientos de apertura y cierre del molde y expulsión de la pieza. Es posible lograr un ciclo más corto, todo dependerá de la operación del sistema y otros factores.

1.2.4.2. Clasificación y limpieza de las piezas.

Esta práctica será muy relativa dependiendo del tipo de equipos a disposición o el tipo de molde y pieza que se fabrique, esta práctica se realiza a piezas pequeñas que se producen en moldes grandes y en masa como juguetes.

1.2.5. Normativa para ensayos.

Para nuestra experimentación es necesario conocer la norma española UNE – EN 15348, y la normativa en nuestro país Ecuador se toma la norma INEN que, a su vez la toma la normativa internacional ISO, pero para elaboración y recuperación por medio del reciclaje al PET para uso en la industria alimentaria, desde su elaboración, uso, recolección y su reutilización, para fines en la industria alimentaria.

1.2.5.1. Norma RTE INEN 291.

Objeto

Este reglamento técnico establece los requisitos que debe cumplir el proceso de reciclado físico de envases de PET post-consumo para obtener resina PET-PCR grado

alimentario, destinada a la producción de envases a estar en contacto con alimentos, con la finalidad de proteger la salud y la vida de las personas, medio ambiente y evitar prácticas que puedan inducir al error o engaño al usuario.

1.2.5.1.1. *Campo de aplicación.*

Este reglamento técnico se aplica a la resina (pellets, gránulos) de poli (tereftalato de etileno) post-consumo reciclado (PET-PCR) grado alimentario para la elaboración de envases destinados a estar en contacto con alimentos, que se comercialicen en el Ecuador.

Este reglamento se aplica a la tecnología de reciclado físico de envases de plástico de poli (tereftalato de etileno) (PET) post-consumo que han sido utilizados para el envasado de bebidas de consumo humano.

Nota: El PET-PCR grado alimentario especificado en este reglamento técnico es el material proveniente de una fuente de PET post-consumo.

Este reglamento técnico no se aplica a:

- Al PET de descarte industrial.
- Los materiales plásticos, producidos a partir de envases retornables.
- Los materiales plásticos reciclados, utilizados detrás de una barrera funcional de plástico.
- Los materiales plásticos reciclados producidos con monómeros y las sustancias de partida, derivados de la despolimerización química (reciclado químico) de materiales y objetos plásticos.
- Se prohíbe la comercialización de resina PET- PCR grado alimentario que no cumpla con lo establecido en este Reglamento Técnico.

1.2.5.1.2. *Definiciones.*

Para este efecto se considera normas como referencia de uso y manejo ya que el proyecto no está destinado como envase que contendrá alimentos, pero si la vida humana, por lo que se considerara estas normativas.

Para efectos de este reglamento técnico se adoptan las definiciones establecidas en las normas ISO 12418-2, NTE INEN-ISO 9000 y EN 13130-1 vigentes; y, las siguientes:

- *Gránulo.* Partícula relativamente pequeña, producida en formas y tamaños diferentes, por medio de operaciones tales como molienda, cortado, triturado, precipitación, polimerización.

- *PET post-consumo*. Es el material proveniente de envases o artículos precursores usados, ambos de grado alimentario, y que se obtiene a partir de los residuos sólidos a los efectos de aplicar las tecnologías de descontaminación. (Gavira, 2012)
- *Plástico o material plástico*. Compuesto macromolecular orgánico obtenido por proceso de polimerización (policondensación, poliadición y otros), a partir de monómeros y otras sustancias de partida, o por modificación química de macromoléculas naturales. A dicho compuesto macromolecular puede añadirse otras sustancias, como aditivos, cargas, colorantes y pigmentos.
- *Poli (tereftalato de etileno), PET*. Es un polímero de condensación termoplástico que se sintetiza a partir de ácido tereftálico y etilen glicol.
- *Procedimiento de validación normalizado (“challenge test” o equivalente)*. Protocolo de análisis destinado a evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes residuales de una tecnología de reciclado físico con que se procesa el PET post-consumo. El protocolo está establecido o reconocido por: la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos de Norteamérica, la European Food Safety Authority (EFSA), Directorate General for Health and Consumer (DG SANCO) de la Comisión Europea, o por las Autoridades Sanitarias Competentes de Estados Miembros de la Unión Europea.
- *Proceso de reciclado de envases*. Proceso físico o químico que convierte envases utilizados, recolectados y clasificados en productos o materias primas secundarias. (Gavira, 2012)
- *Productor de resina PET-PCR (Gestor)*. Toda persona natural o jurídica que realiza el proceso de reciclado de residuos y que se asegura que en las empresas y en los procesos que están bajo su control se cumplan los requisitos de los materiales plásticos reciclados establecidos en normas o regulaciones técnicas.
- *Recicladores de base (Recolector)*. Toda persona natural o jurídica que presta servicios de recolección, clasificación, almacenamiento temporal y transporte de residuos, que haya recibido una autorización o una licencia para tal efecto.
- *Recolección*. Acción de recoger los residuos para su posterior aprovechamiento y/o disposición final.
- *Resina*. Material orgánico sólido o semi-sólido a menudo de alto peso molecular, que exhibe una tendencia a fluir cuando se somete a esfuerzo, por

lo general tiene un rango de ablandamiento o fusión, y comúnmente se fractura en forma concoidea. (Gavira, 2012)

NOTA. En sentido amplio, el término “resina” designa cualquier polímero que constituya la base de un material plástico.

1.2.5.1.3. *Definición para la muestra del producto.*

Materia Prima

- El manejo de los residuos de PET post-consumo se debe realizar de acuerdo con los avances en la ciencia y la tecnología disponible, debiendo aplicar en cualquier caso un manejo ambientalmente racional que promueva el reciclaje y por tanto disminuya la contaminación y el uso de recursos no renovables.
- En la clasificación que realiza el reciclador de base (recolector) autorizado se debe separar los envases de PET post-consumo por colores y de aquellos materiales que resultan incompatibles [Poliétileno (PE), Polipropileno (PP), Cloruro de Polivinilo (PVC), combinaciones de materiales en los envases], y de cualquier otro tipo de residuos que ocasionen mayor contaminación como es el caso de las etiquetas de PVC, entre otros.
- El reciclador de base (recolector) y el productor de resina PET-PCR grado alimentario que almacenen los envases de PET post-consumo (botellas plásticas post-consumo) deben mantenerlos en condiciones ambientalmente seguros, evitando su contacto con fuentes de agua y las mezclas entre aquellos que sean incompatibles.

1.2.5.2. *Clasificación de las muestras según las partículas.*

1.2.5.2.1. *Por su estructura química.*

La estructura química se refiere a la construcción de la molécula individual y la estructura física al ordenamiento de unas moléculas respecto a otras.

1.2.5.2.2. *Por su peso y distribución.*

Muchas de las propiedades de los polímeros, como por ejemplo la resistencia mecánica, la elasticidad de los cauchos, la temperatura de transición vítrea de plásticos amorfos o la temperatura de fusión de fibras y materiales semicristalinos, se deben al alto

peso molecular de los mismos. En la tabla 9. Se muestra a modo de ejemplo, el estado de agregación de una serie de moléculas de alcanos de la misma estructura química y creciente peso molecular.

Tabla 8: Efecto del tamaño de la molécula sobre su estado de agregación.

Número de unidades -CH ₂ -CH ₂ -	Peso Molecular	Estado físico a 20 °C
1	30	gas
6	170	liquido
35	1000	grasa
430	>12000	resina

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

La molécula de etano (1 unidad de repetición) es gaseosa, pero al aumentar su tamaño hasta 6 unidades de repetición pasa a ser líquida, y conforme se van adicionando más monómeros se convierte en un aceite, una cera y finalmente en un material sólido. El polietileno de peso molecular entre 1.000 y 5.000 es un sólido céreo que adquiere propiedades útiles como plástico sólo cuando su peso molecular supera los 10.000. El nailon (PA), por ejemplo, de peso molecular 1.000-2.000 es un sólido frágil, mientras que a pesos moleculares más elevadas es altamente tenaz. Los polímeros sintéticos y la mayoría de los naturales están formados por una mezcla de moléculas que han alcanzado diferente grado de polimerización, y por tanto, diferente peso molecular. En los polímeros sintéticos obtenidos por polimerización en cadena, la longitud de la cadena viene determinada por el tiempo que la cadena está creciendo. Las etapas de terminación, iniciación, propagación y transferencia, responden a fenómenos al azar. En el caso de las reacciones de polimerización por etapas, la longitud de cadena viene determinada principalmente por la disponibilidad local de grupos reactivos en los extremos de las cadenas en crecimiento. En cualquier caso, el polímero contiene moléculas que poseen longitudes de cadena muy diferentes; de modo que en una muestra de polímero siempre nos encontraremos con una distribución de pesos moleculares.

1.2.5.2.3. Por su estructura física.

Cuando se hace referencia a la estructura física de los polímeros se trata básicamente de la orientación y cristalinidad que, como veremos, dependen en gran medida de la estructura química y a su vez condicionan el comportamiento del material durante el procesado y durante su vida de servicio.

Estado amorfo y estado cristalino. Los términos cristalino y amorfo se utilizan normalmente para indicar las regiones ordenadas y desordenadas de los polímeros, respectivamente. La figura 20. Muestra un esquema de un sistema amorfo, uno semicristalino y otro cristalino. En estado sólido algunos polímeros son completamente amorfos, otros son semicristalinos y, dependiendo de las condiciones de cristalización, un polímero con capacidad de cristalizar puede ser amorfo o semicristalino. Con frecuencia se utiliza el término cristalino en lugar de semicristalino, aunque ningún polímero es completamente cristalino.

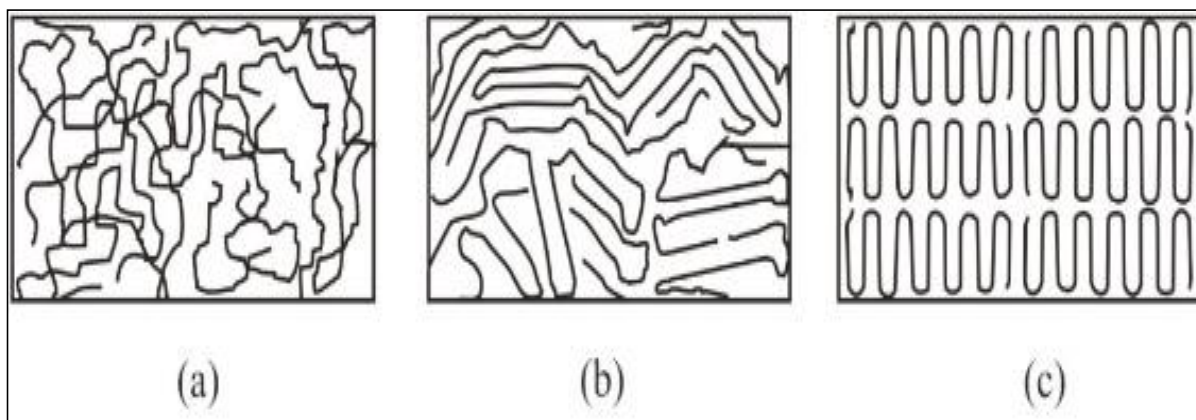


Figura 22: Sistema amorfo (a), semicristalino (b) y cristalino (c)

Fuente: Tecnología de los polímeros (Beltran, 2012)

Elaboración: Tecnología de los polímeros (Beltran, 2012)

Los polímeros con capacidad de cristalizar son aquellos cuyas moléculas son química y geoméricamente regulares en su estructura. Las irregularidades ocasionales, tales como las ramificaciones de la cadena, o la copolimerización de una pequeña cantidad de otro monómero limitan el alcance de la cristalización, pero no evitan que ocurra. Por el contrario, los polímeros no cristalinos típicos son aquellos en los que existe una clara irregularidad en la estructura: polímeros ramificados, polímeros atácticos y copolímeros con cantidades significativas de dos o más constituyentes monoméricos bastante diferentes.

- Temperatura de transición vítrea y temperatura de fusión.

Obligue a orientarse en una dirección. Si la energía disponible es suficiente, las moléculas podrán moverse y los átomos de las cadenas podrán rotar alrededor de los ángulos de enlace, produciéndose cambios de conformación. En una situación de este tipo el volumen no ocupado (volumen libre) asociado con cada molécula es alto. En las moléculas reales, la capacidad de rotación de los enlaces de cadena está más o menos limitada por impedimentos estéricos.

A temperaturas elevadas los polímeros termoplásticos se encuentran en un estado líquido o fundido en el que pueden pasar rápidamente de una conformación a otra. En esta situación es grande y por tanto el volumen específico también lo será. Para que un segmento de una cadena de polímero se mueva con respecto a otro se requiere energía térmica y en las condiciones descritas hay suficiente energía para que estos movimientos sean posibles. A medida que la temperatura desciende y hay menos energía disponible, el cambio de conformación es más lento, y el volumen específico disminuye gradualmente. De acuerdo con las leyes de la termodinámica, cuando se alcanza una temperatura determinada todos los sistemas tienden a ordenar sus moléculas formando redes cristalinas sólidas. El polímero *a* de la figura 22, es un material con capacidad de cristalizar y presenta una temperatura de cristalización, T_c , a la que se produce un cambio de fase desde el estado fundido amorfo al estado sólido cristalino, y una temperatura de fusión, T_m , muy próxima a la temperatura de cristalización cuando la transición se realiza desde el estado sólido al fundido. Las moléculas de polímero que poseen una estructura muy compleja e irregular (ramificaciones, fuertes interacciones entre cadenas, etc.) presentan viscosidades muy elevadas en el estado líquido. Cuando estas moléculas se enfrían, a la temperatura a la que cabría esperar que el estado cristalino fuese más estable que el amorfo, la viscosidad de las moléculas es demasiado elevada, y/o su geometría demasiado compleja para adquirir una conformación cristalina. De modo que, en estos casos, en el estado sólido persiste la conformación desordenada típica de los líquidos. Es el caso del Polímero amorfo *b* representado en la figura 23. en el que, como se puede ver, la disminución del volumen específico se produce de forma gradual con la temperatura. En estos polímeros existe una temperatura, la temperatura de transición vítrea, T_g , a partir de la cual el material sufre un marcado cambio de propiedades. A temperaturas por encima de la T_g segmentos relativamente grandes de 10 o 50 unidades de repetición se pueden mover con libertad en movimientos conjuntos, logrando modificar su conformación, mientras que por debajo de esta temperatura los movimientos quedan limitados a segmentos muy pequeños, impidiendo una reorganización. Por debajo de la temperatura de transición vítrea (estado vítreo), los polímeros amorfos tienen muchas de las propiedades asociadas con los vidrios inorgánicos

ordinarios, incluida la rigidez, fragilidad y transparencia. Mientras que por encima de su T_g los polímeros amorfos se comportan como cauchos o elastómeros.

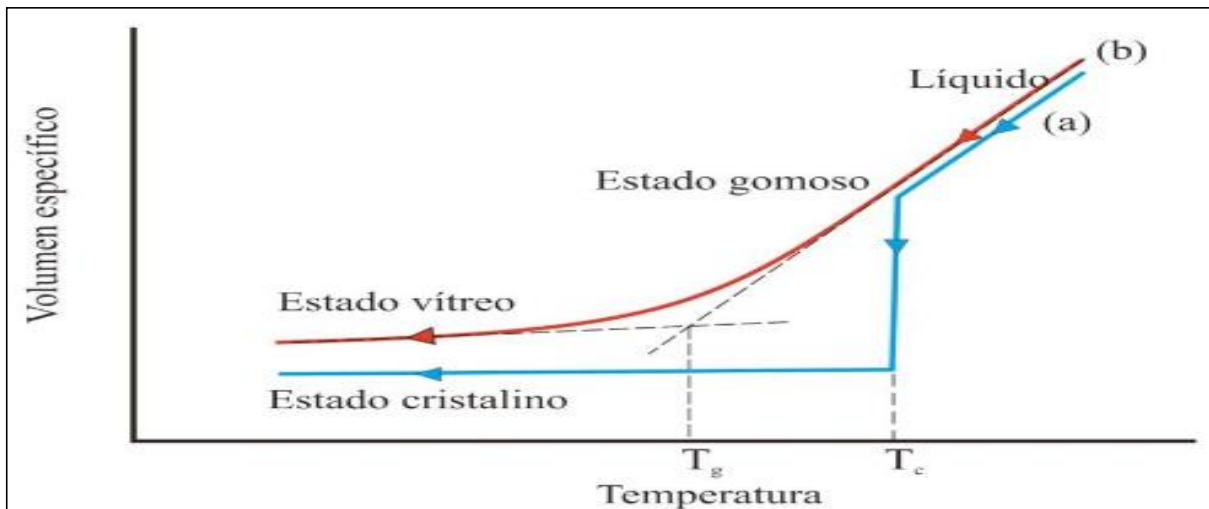


Figura 23: Variación del volumen específico en función de la temperatura para a) un polímero cristalino y b) un polímero amorfo.

Fuente: Tecnología de los polímeros, Beltran (2012)

Elaboración: Tecnología de los polímeros (Beltran, 2012)

El término temperatura de fusión se debe emplear sólo para los polímeros cristalinos o semicristalinos. En el caso de los polímeros amorfos, a temperaturas por encima de la T_g , las cadenas adquieren mayor movilidad, llegando a hacerse fluidas, si bien realmente no hay fusión, por lo que se habla.

De intervalo de reblandecimiento y estrictamente hablando no se puede decir que el polímero se encuentra fundido. Los polímeros cristalinos pueden presentar también temperatura de transición vítrea pues la cristalización sólo ocurre hasta una cierta extensión y siempre habrá regiones amorfas en un polímero sólido. Hasta cierto punto las propiedades de los polímeros cristalinos dependerán de si las regiones amorfas residuales se encuentran en el estado vítreo (por debajo de T_g) o en el estado caucho (por encima de la T_g).

1.2.5.3. Variación de la viscosidad con la presión.

La viscosidad de los líquidos aumenta exponencialmente con el aumento de la presión. El agua por debajo de 30°C es la única excepción, en la que disminuye en un primer momento, a continuación del cual el comportamiento es normal. Para presiones que difieren poco de la atmosférica, son bastante pequeños. Por esta razón este factor apenas se toma en consideración; pero hay casos, como en la industria de lubricantes, donde las medidas de viscosidad han de tomarse a elevadas presiones. Las presiones soportadas por lubricantes en engranajes son del orden de 1GPa, mientras que en las perforadoras que

operan a profundidad han de soportar presiones de aproximadamente 20 MPa. En el caso de los polímeros, la viscosidad del fundido se ve también afectada por la presión. La compresión de un fundido reduce el volumen libre lo que conlleva un aumento de la viscosidad.

1.2.5.4. Norma UNE – EN 15348

1.2.5.4.1. Características mecánicas.

Los plásticos se encuentran sometidos a diferentes estados de carga en sus distintas aplicaciones, por lo que la selección del material adecuado para cada una de ellas se basa, entre otras consideraciones, en sus propiedades mecánicas. Las propiedades mecánicas de los polímeros dependen, fundamentalmente, de su composición, estructura y condiciones de procesado.

Asimismo, existen otros factores que influyen en las mismas y son, principalmente, el tiempo (velocidad de aplicación de los esfuerzos) y la temperatura. Precisamente debido al carácter visco elástico de los plásticos, el comportamiento de estos materiales cuando se les aplica un esfuerzo a velocidad elevada no puede extrapolarse para aplicaciones en las que la carga se aplica durante periodos prolongados de tiempo.

1.2.5.5. Probetas.

En los ensayos a largo plazo no se estudiará la deformación que sufre un material bajo un esfuerzo o una deformación constante en función del tiempo, pero se recomendaría hacerlo, y son especialmente adecuados en el diseño de piezas que tienen que sufrir esfuerzos intermitentes.

Las probetas se ajustarán al equipo que se va requerir, pero tendrán forma rectangular de 40x40x160 mm para ensayos de compresión y 200x50x50 mm para ensayos de flexión sus bordes no contendrán ningún tipo de protección ni estructura interna según la norma española ISO 293.

1.2.5.5.1. Procedimiento operativo.

En la ley de Hooke para estudiar las propiedades de un material deben relacionarse cantidades unitarias (esfuerzo σ y deformación unitaria ϵ) de tal manera que en la ley quedan obviadas el área y la longitud de la probeta ensayada.

A medida que aumenta el esfuerzo se incrementa la deformación unitaria del material que se está ensayando, pudiendo de esta forma obtenerse las propiedades mecánicas de los materiales a partir de la gráfica Esfuerzo - Deformación.

La pendiente inicial de la gráfica nos dice como varían las deformaciones unitarias al incrementarse los esfuerzos. Para varios materiales esta primera parte de la gráfica es lineal presentándose por tanto una relación entre esfuerzo y deformación.

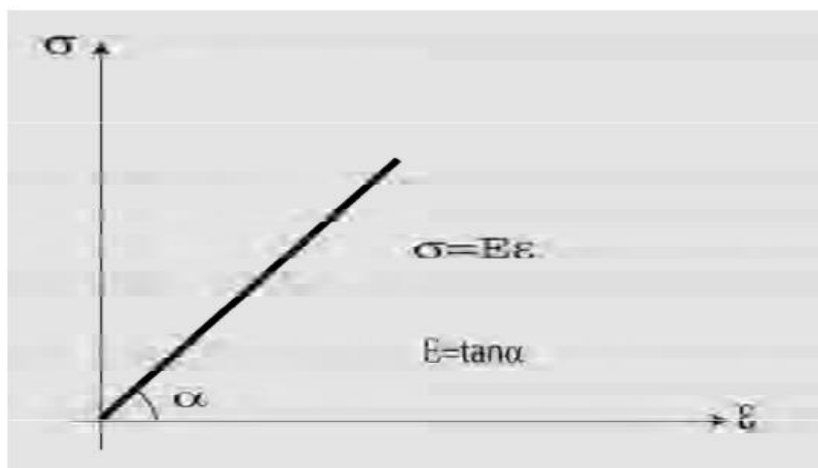


Figura 24: Relación entre esfuerzo y deformación
Fuente: Tecnología de los polímeros, Beltran (2012)
Elaboración: Tecnología de los polímeros (Beltran, 2012)

Si escribimos la ecuación de la recta obtendremos la expresión actual de la ley Hooke:

$$\sigma = E\varepsilon$$

Siendo E, la pendiente de la recta, este valor que es característico de cada material se conoce como el módulo de elasticidad o módulo de Young del material y nos dice que tan rígido es un material.

Por otra parte, la respuesta de un material puede ser muy diferente dependiendo del tipo de esfuerzo al que se vea sometido. Para caracterizar un material para una aplicación determinada es conveniente estudiar su comportamiento ante el tipo de esfuerzo al que va a ser sometido y no es prudente extrapolar los resultados de un tipo de ensayo a otro. Dentro de los ensayos a corto plazo, en los que no se tiene en cuenta el tiempo de aplicación del esfuerzo.

- estudiaremos el comportamiento de los materiales cuando se aplican a esfuerzos en flexión y compresión.
- Se pesa la probeta con una aproximación de 0,1g.

- Se mide el espesor en tres puntos diferentes, situado para ensayos de flexión.
- según la norma se marca un espesor efectivo de menos 0.01 mm para ser sometido a presión, pero no será relevante para los ensayos de la pieza del ladrillo porque no se ajusta a la normativa.
- Se mide la longitud y anchura paralelamente a los lados, sobre las líneas marcadas con flechas la media aritmética de cada dos medidas paralelas se considera como longitud efectiva de la probeta.
- Con estas medidas se calculará el volumen de misma aproximada de 0.1 cm³

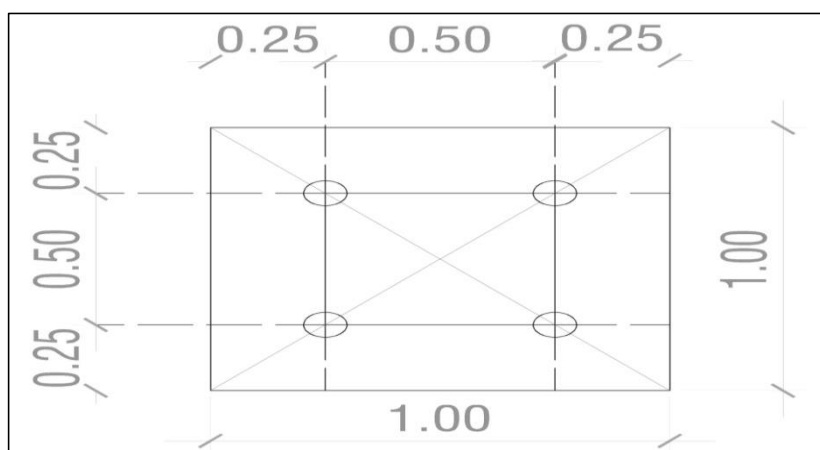


Figura 25: Procedimiento operativo (UNE 56.709)

Fuente: UNE 56,709

Elaboración: UNE 56,709

1.2.5.5.2. Obtención de resultados.

La curva esfuerzo-deformación se puede dividir en varios tramos. El primer tramo de la curva OA es lineal y muestra una proporcionalidad entre esfuerzo y deformación, es decir el material se comporta siguiendo la ley de Hooke. El punto A se conoce como límite de proporcionalidad. Aunque en el tramo AB ya no hay proporcionalidad entre esfuerzo y deformación, el material todavía se comporta como elástico, es decir, la deformación desaparecería totalmente si cesara el esfuerzo.

Las deformaciones por debajo del punto A son relativamente pequeñas y se asocian con la extensión de los enlaces existentes entre los átomos de las moléculas de plástico, tal y como se muestra en la figura 26. (a). Este tipo de deformación es instantánea y completamente recuperable. No hay desplazamiento de unas moléculas respecto a otras. La deformación que tiene lugar entre los puntos A y B es consecuencia del “estiramiento” de moléculas que se encuentran enrolladas sobre sí mismas, como se muestra en la figura 35.

Tampoco en este caso hay desplazamiento de unas moléculas respecto a otras, por lo que la deformación es recuperable, aunque no de forma instantánea.

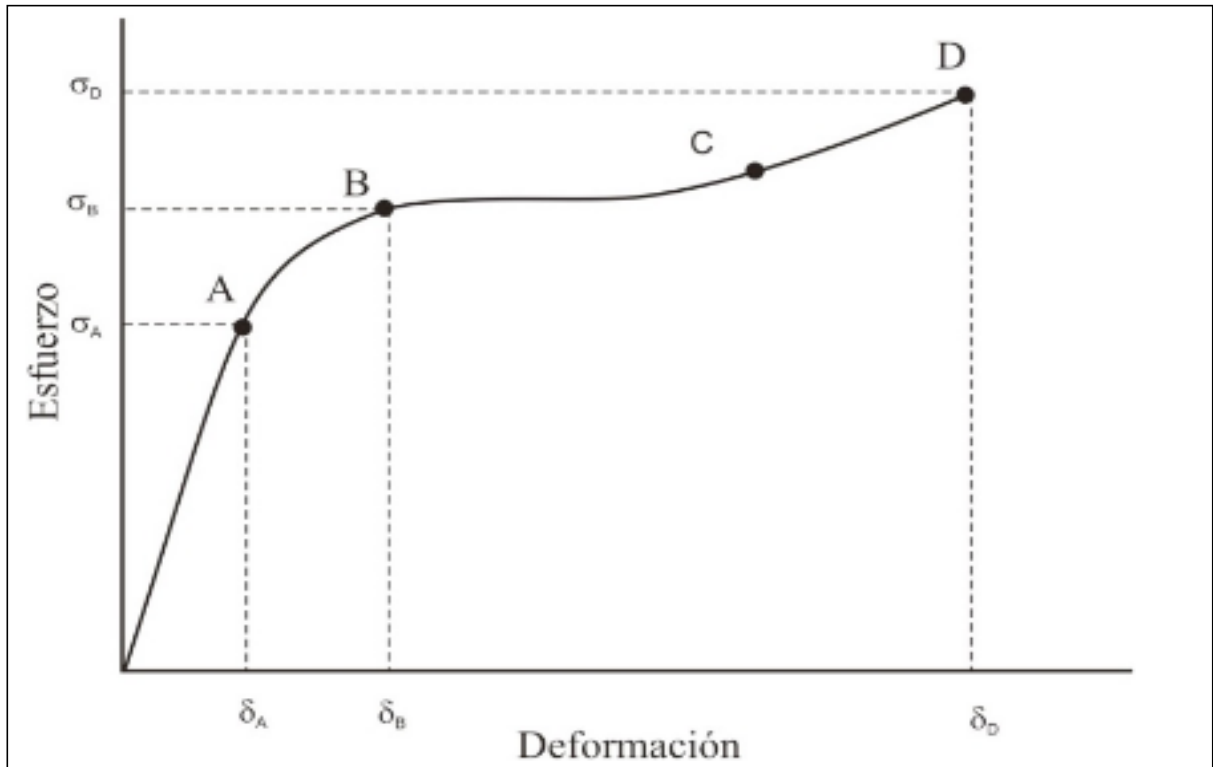


Figura 26: Curva típica esfuerzo- deformación de un plástico

Fuente: Tecnología de los polímeros, Beltran (2012)

Elaboración: Tecnología de los polímeros, Beltran (2012)

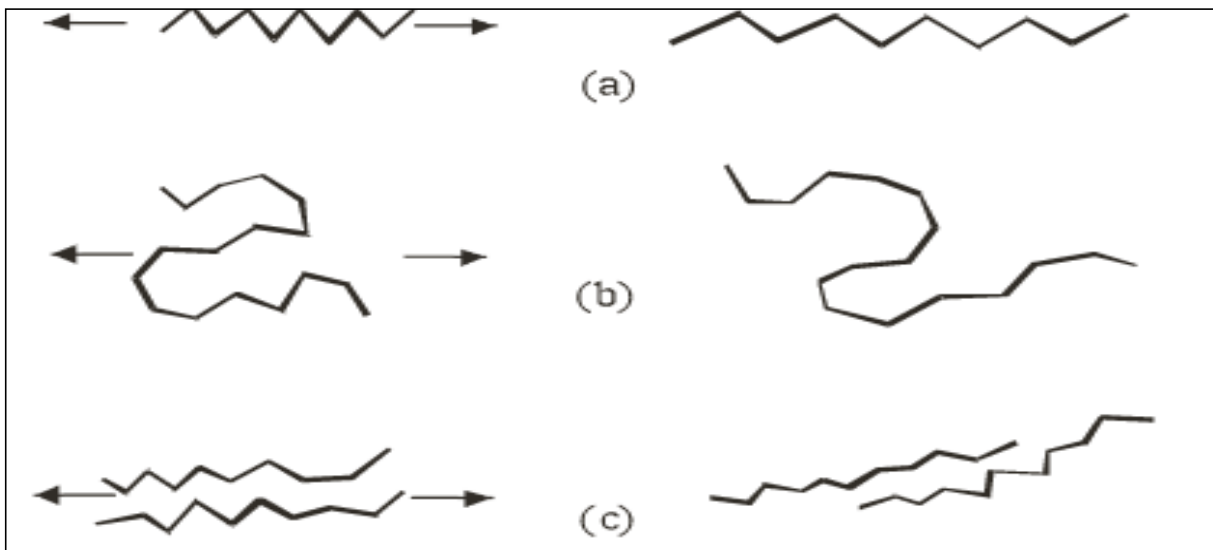


Figura 27: Tipos de deformación de las moléculas: (a) por extensión de enlaces, (b) por desenrollamiento de moléculas, (c) por desplazamiento.

Fuente: Tecnología de los polímeros, Beltran (2012)

Elaboración: Tecnología de los polímeros, Beltran (2012)

En la figura 27 a partir del punto B la deformación deja de ser elástica por lo que este punto recibe el nombre de límite elástico o punto de fluencia. Los esfuerzos y deformaciones correspondientes a este punto reciben el nombre de esfuerzo límite y deformación límite, respectivamente. Las deformaciones que tienen lugar por encima del límite elástico dejan de ser recuperables, debido a que estas deformaciones son consecuencia del deslizamiento de unas moléculas respecto de otras. Las moléculas que se han desplazado no pueden volver a su posición original, por lo que la deformación es irreversible. En este caso el material ya no se comporta como un cuerpo elástico si no como un sólido plástico. El tramo BC, es aproximadamente horizontal, como consecuencia de que el material se hace dúctil y fluye a poco que varíe el esfuerzo aplicado. Después del punto C, puede ocurrir que para seguir deformando el material haya que aplicar un esfuerzo algo mayor, debido a que el material puede haber sufrido un ligero reforzamiento. El punto final D corresponde al momento en que el material rompe, con un esfuerzo de rotura σ_D que recibe el nombre de resistencia a la rotura y una deformación δ_D que en el caso de ensayos de tracción se llama alargamiento a la rotura.

La pendiente de la parte recta de la curva (tramo OA) se conoce como módulo de Young, o simplemente módulo. Los plásticos que tienen un módulo alto se suelen llamar plásticos duros, mientras que los que tienen un módulo bajo son plásticos blandos. Plásticos duros son, por ejemplo, las resinas de fenol-formaldehído (PF), polioximetileno (POM), policarbonato (PC) y polietilenterftalato (PET). Esta dureza no debe confundirse con la dureza superficial, que normalmente se define como la resistencia de un material a ser rayado o penetrado. Para evitar confusiones los plásticos duros (con alto módulo) deberían llamarse plásticos rijidos. Según la norma ASTM los plásticos rígidos son aquellos que tienen un módulo superior a 700 MPa, los semirígidos tienen un módulo entre 70 y 700 MPa y los blandos son aquellos con un módulo inferior a 70 MPa. La tenacidad se puede estimar como el área total OABCDO. Representa el trabajo total que debe hacerse para romper el material. Cuando mayor cantidad de energía pueda absorber un material experimentando grandes deformaciones, más tenaz será. El término fragilidad hace referencia a la falta de tenacidad.

1.2.5.6. Norma ASTM.

1.2.5.6.1. Determinación de la resistencia a la tracción.

Los ensayos de tracción son una medida de la respuesta de un material ante una fuerza que tiende a estirarlo. De estos ensayos se suele obtener información sobre la resistencia a la tracción, elongación y módulo, como se ha descrito en la figura 22.

1.2.5.6.2. Equipos y herramientas necesarias.

Los aparatos para realizar los ensayos de tracción constan de un brazo fijo y uno móvil, ambos dotados con unas mordazas donde se sujetan las probetas. Los brazos se separan a una velocidad constante mientras se determina la carga y la extensión. Las probetas que se emplean en los ensayos de tracción normalmente se preparan mediante inyección o compresión, o también se pueden obtener recortándolas de zonas planas de las piezas ya transformadas. Las probetas deben tener unas dimensiones normalizadas, que pueden variar según la aplicación. En la figura 36. Se muestran las mordazas y una probeta de tipo halterio.

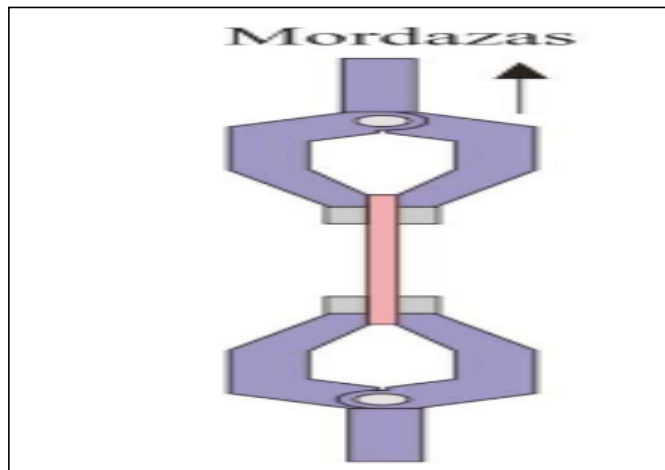


Figura 28: Mordazas y probeta tipo halterio para ensayos de tracción

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

Para este ensayo se tomará una medida acorde al diseño del ladrillo de 40 cm de largo para desarrollar el ensayo y otra de 2.5cm. Debido por una fuerza axial de un terremoto.

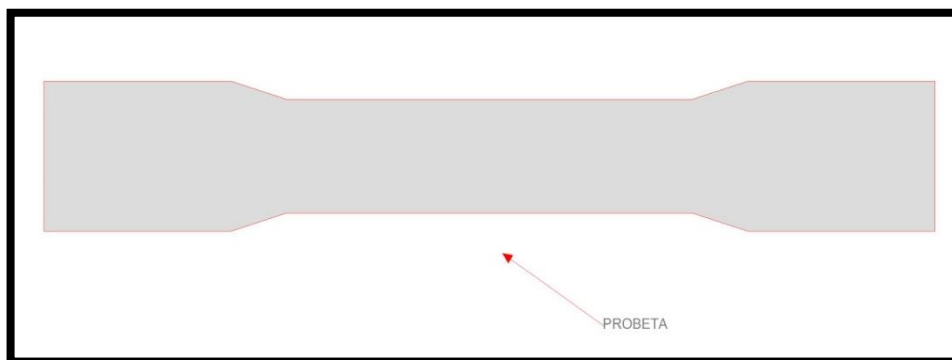


Figura 29: Forma de probeta

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

1.2.5.7. Procedimiento operativo.

La velocidad a la que se realiza el ensayo es muy importante. Generalmente se emplean velocidades de separación de las mordazas próximas a 50 mm/min. A velocidades de deformación lentas las moléculas pueden sufrir cambios de conformación u orientarse en la dirección del esfuerzo aplicado, de modo que presentan mayor tenacidad y elongación a la rotura que a velocidades altas. Este efecto puede observarse en la figura 38. que representa el comportamiento del PET a 220°C.

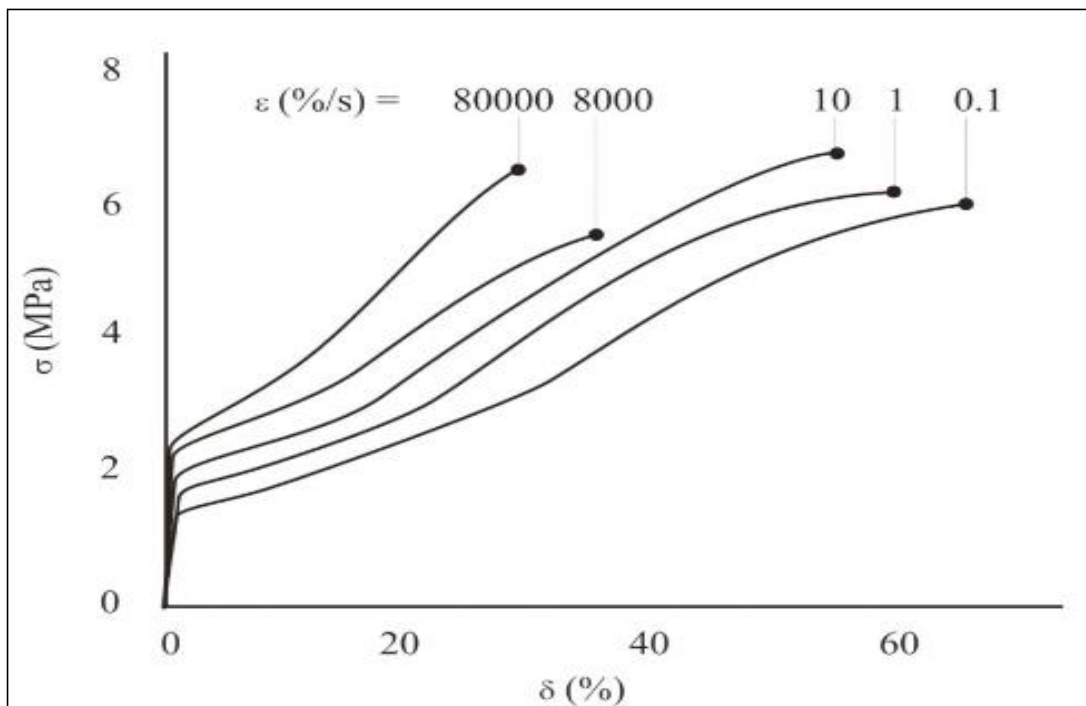


Figura 30: Efecto de la velocidad a la que se realiza el ensayo en una muestra de PET a 220

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

1.2.5.7.1. Obtención de resultados

Las propiedades mecánicas de muchos plásticos cambian rápidamente con pequeñas variaciones de temperatura. Cuando la temperatura aumenta se produce una expansión gradual del material, lo que resulta en un aumento del volumen libre y en un debilitamiento de las fuerzas de cohesión del material. Como líneas generales al aumentar la temperatura la resistencia a la tracción y el módulo disminuyen, mientras que la elongación aumenta, como se puede observar en la figura 39. Obtenida para PMMA a diferentes temperaturas.

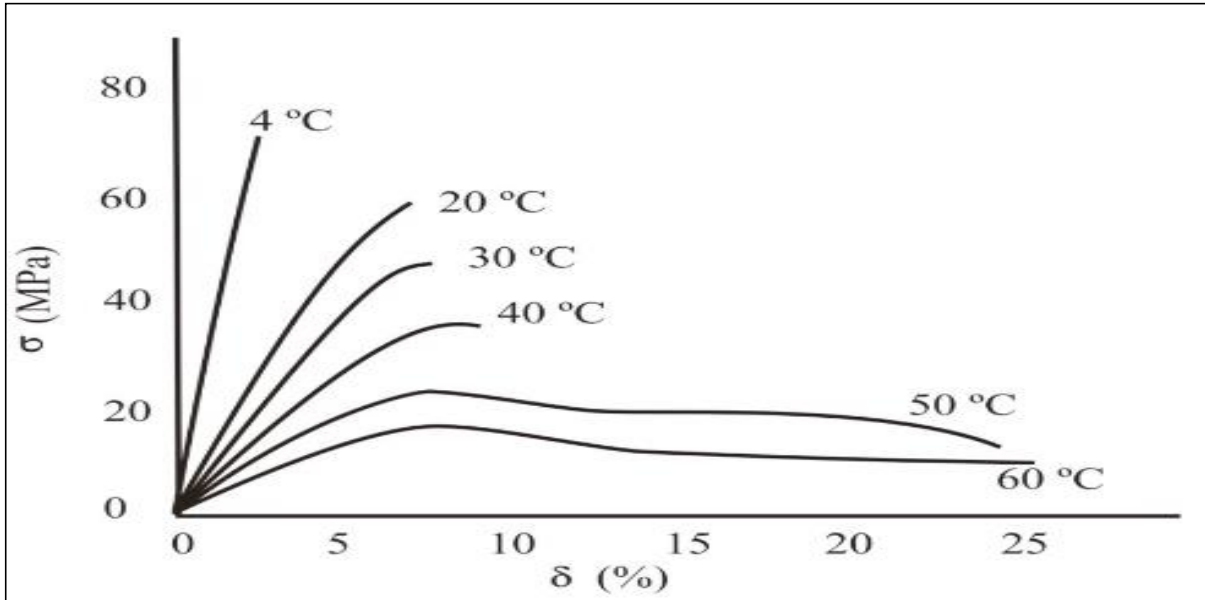


Figura 31: Efecto de la temperatura sobre una muestra de PMMA

Fuente: Investigación de Campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

1.2.6. Norma ASTM

1.2.6.1. Determinación de la resistencia a la flexión.

La resistencia a la flexión de un material es su capacidad para soportar fuerzas aplicadas en su eje longitudinal.

1.2.6.1.1. Equipos y herramientas necesarias.

Los esfuerzos inducidos por una carga de flexión son realmente una combinación de esfuerzos de tracción, compresión y cizalla, como se muestra en la figura 39. Las propiedades de flexión se calculan referidas al esfuerzo y deformación que se producen en la superficie externa de la probeta empleada.

1.2.6.1.2. Probetas.

Las probetas empleadas en los ensayos de flexión son paralelepípedos de material y presentan la ventaja sobre las de tracción de que son más fáciles de preparar dada su forma, además el alineamiento de las probetas en el equipo es mucho más sencillo y no provocan concentración de esfuerzos en ciertos puntos, como puede ocurrir en los ensayos de tracción.

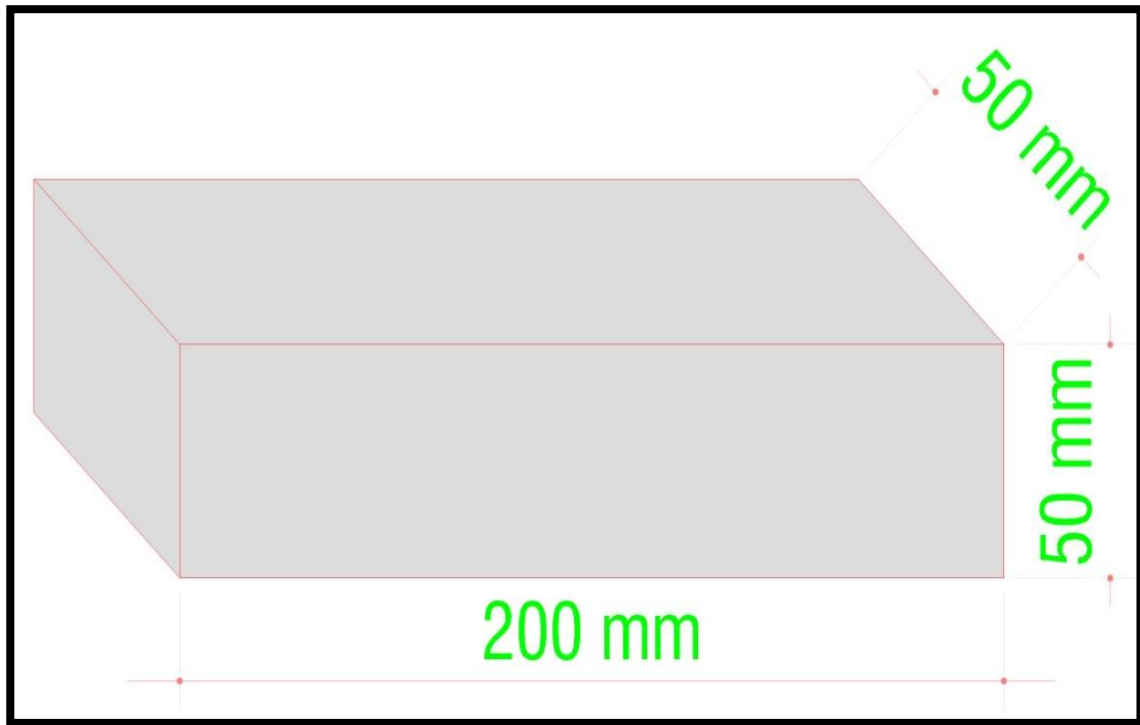


Figura 32: Probeta para ensayos a flexión
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

1.2.6.1.3. Procedimiento operativo.

Según la Norma INEN 194 Y NORMA ISO 178 estas normas son usadas para control de calidad, para materiales que exhiben un comportamiento de esfuerzo/deformación no lineal, las propiedades de flexión son nominales. Las ecuaciones dadas se han derivado asumiendo el comportamiento elástico lineal y son variados para pequeñas deformaciones de la probeta comparadas con su espesor. Con la probeta recomendada (cuyas dimensiones son 80 mm x 10 mm x 4 mm) a la deformación en flexión convencional del 3,5 % y una relación de distancia entre apoyos y espesores, L/h , de 16, la flecha es de $1,5 h$. los ensayos de flexión son más apropiados para materiales rígidos y frágiles que muestran flechas pequeñas el punto de rotura que otros materiales muy blandos y dúctiles.

El método más empleado para realizar los ensayos de flexión consiste en un sistema de tres puntos de carga. En éste una probeta de material de sección rectangular se apoya en dos soportes y la carga la realiza un puntero situado entre los soportes, como se muestra en la figura 33.

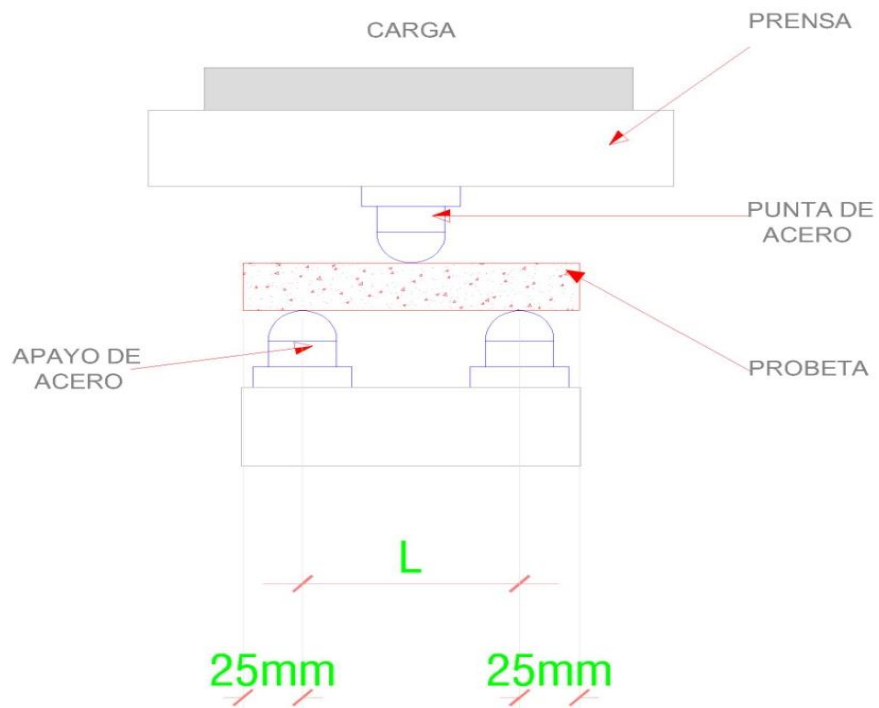


Figura 33: Proceso de aplicación de fuerza a flexión con tres puntos de apoyo
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

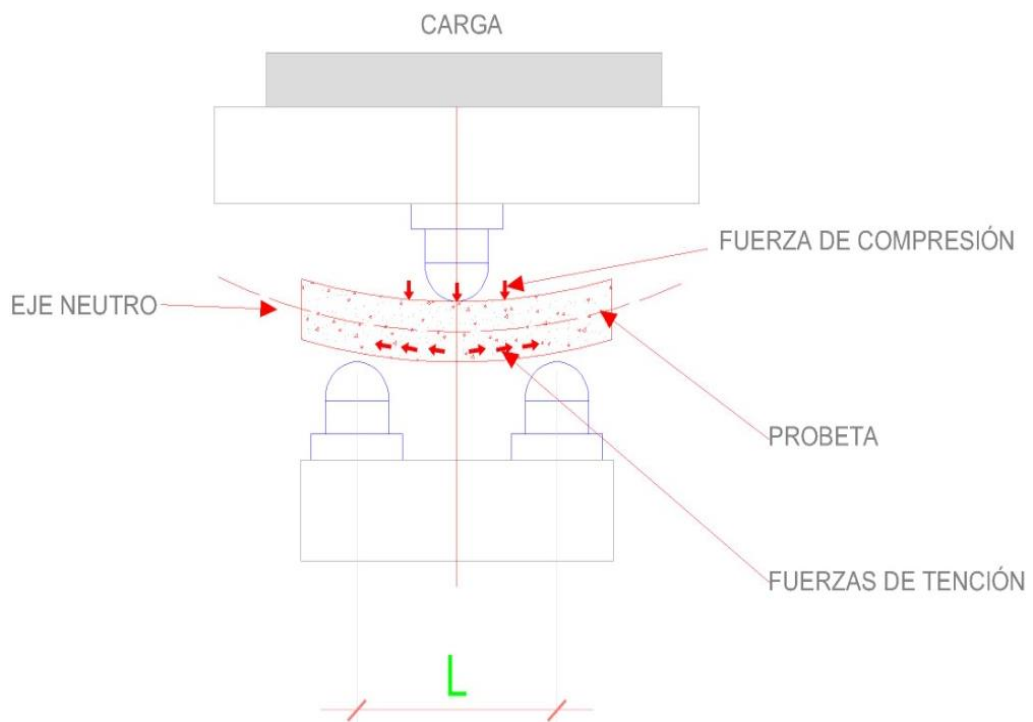


Figura 34: Probeta y maquina a flexión
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

El valor obtenido para el módulo en ensayos de flexión puede coincidir en ocasiones con el módulo obtenido en ensayos de tracción, y la forma de calcularlo y el efecto de las diferentes variables es el mismo.

1.2.7. Norma ASTM.

Para este ensayo también se basará en la norma UNE EN ISO 178: 2011 que investiga el comportamiento a la flexión de los polímeros para determinar la resistencia a la flexión, el módulo de flexión y otros aspectos de la relación tensión/ deformación a la flexión. Es conveniente para plásticos extruidos, incluyendo los que disponen de cargas y los que no.

Para esta prueba se utilizarán probetas de 200x50x50 mm de dimensión.

Colocar el ladrillo de la muestra con la cara mayor sobre los apoyos, asegurando una separación de 25 mm entre apoyos, se hace descender la pieza superior hasta obtener un contacto directo con la superficie en el centro de la luz. Las tres líneas de contacto se mantendrán paralelas. Aplicar la carga hasta la rotura de la muestra.

- La velocidad de aplicación de la carga será tal que el cabezal de la maquina no avance más de 1,5 mm por minuto. Según el Instituto ecuatoriano de normalización INEN
- Para este módulo de rotura se calcula con la siguiente ecuación.

$$MR = \frac{PL}{bd^2}$$

Siendo:

P = carga aplicada por prensa Aceutek, en KN

L = distancia entre apoyos de la viga, en mm

b = ancho de la viga, generalmente igual altura = d , en mm

d = altura de la viga, en mm

Módulo de rotura por flexión **MR** se obtiene en MPa

1.2.7.1. Determinación de la resistencia a la compresión.

Los ensayos de compresión se emplean para estudiar el comportamiento del material cuando está sujeto a una carga compresiva a una velocidad de carga relativamente alta y uniforme.

A pesar de que en muchas aplicaciones los plásticos están sujetos a cargas de compresión, estos ensayos tienen aplicaciones limitadas. En la práctica las cargas compresivas se suelen aplicar durante periodos prolongados de tiempo, como por ejemplo en el caso de aquellos plásticos que se emplean en juntas, tacos de sillas y mesas, etc. En aquellos polímeros que se rompen en ensayo de compresión, la resistencia a la compresión tiene un valor definido, sin embargo, en algunos casos los polímeros se siguen deformando hasta que forman una lámina muy delgada sin que se produzca una fractura bien definida. En estos casos la resistencia a la compresión obtenida del ensayo no proporciona un valor claro.

1.2.7.1.1. Equipos y herramientas necesarias.

La máquina empleada en los ensayos de compresión es prácticamente la misma que se emplea en los ensayos de tracción; sólo cambia la forma de las mordazas y la dirección en la que se aplica el esfuerzo (figura 31). Las probetas empleadas para este tipo de ensayos suelen ser láminas rectangulares o discos.

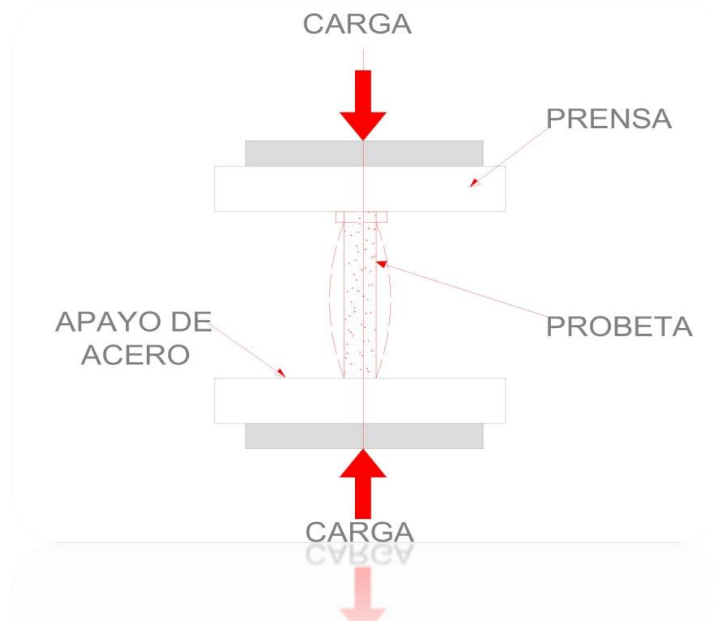


Figura 35: Máquina para ensayo a compresión y falla de probeta

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

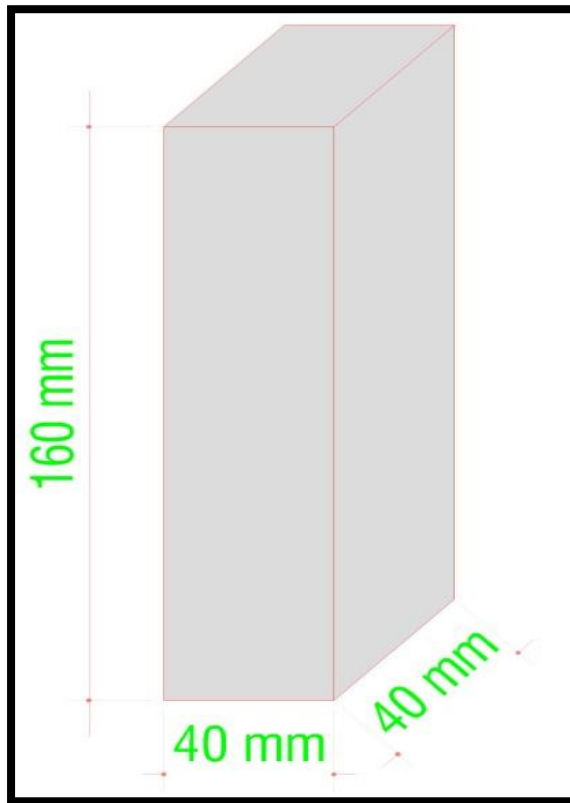


Figura 36: Probeta para ensayo a compresión
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

1.2.7.1.2. Procedimiento operativo.

En la ley de Hooke para estudiar las propiedades de un material deben relacionarse cantidades unitarias (esfuerzo σ y deformación unitaria ϵ) de tal manera que en la ley quedan obviadas el área y la longitud de la probeta ensayada.

$$\sigma = E\epsilon$$

La rigidez, la resistencia y la ductilidad son propiedades mecánicas de los materiales:

- **Rigidez:** capacidad de oponerse a las deformaciones
- **Resistencia:** capacidad de oponerse a la rotura
- **Ductilidad:** capacidad de deformarse antes de romperse.

1.2.7.1.3. Obtención de resultados

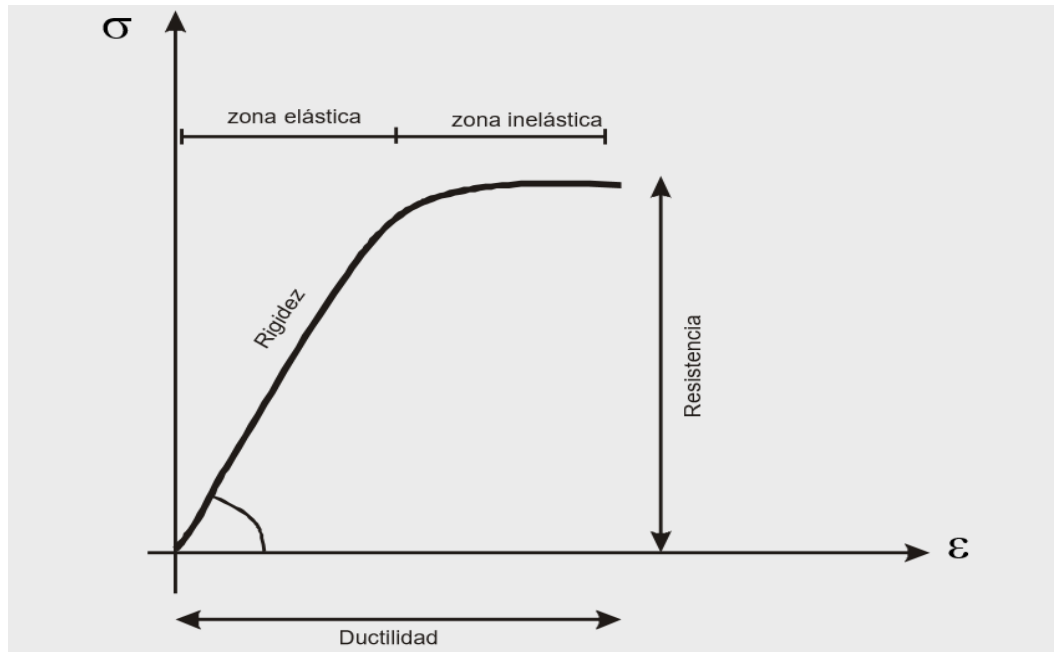


Figura 37: Obtención de resultados

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

A partir de la ley de Hooke puede calcularse la deformación total que sufriría un elemento sometido a fuerza axial.

Según la ley de Hooke:

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\frac{P}{A} = E \frac{\delta}{L}$$

$$\delta = \frac{PL}{AE}$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Con esta expresión puede calcularse la deformación conociendo la carga **P** la longitud de la barra **L**, la sección transversal **A** y el módulo de elasticidad **E** (en la zona elástica)

1.3. Bloques tipo lego y construcciones emergentes

1.3.1. Bloque lego.



Figura 38: Bloque tipo lego
Fuente: Historia del lego, Benavides (2010)
Elaboración: Benavides (2010)

1.3.1.1. Origen del bloque lego.

Mortensen (2017): El nombre LEGO es la abreviatura de dos palabras danesas: “leg godt” que significa “jugar bien”. LEGO Group fue fundada en 1932 por Ole Kirk Kristiansen, una compañía familiar que pasó de padre a hijo y actualmente Kjeld Kirk Kristiansen es el nieto del fundador. Ha venido casi 80 años circulando en las vías de la industria, donde en un principio era un pequeño taller de un carpintero hasta convertirse en una moderna empresa multinacional que, en la actualidad, ocupa el tercer puesto a nivel mundial entre los fabricantes de juguetes en términos de ventas.

El bloque LEGO es el producto más importante y el motivo por el cual tiene el orgullo de haber recibido dos veces el galardón de “juguete del siglo”, sus productos han experimentado un enorme desarrollo a lo largo de los años, pero su esencia sigue siendo el tradicional bloque LEGO. El formato actual del bloque nació en 1958, el principio de unión por medio de sus caños lo convierte en un elemento único que ofrece unas posibilidades de construcción ilimitadas, simplemente hay que dejar volar la imaginación y permitir que nazcan múltiples ideas creativas durante el juego. (Mortensen, 2017)

1.3.1.2. Características del diseño del bloque.

Una de las características más definidas es su capacidad para adherirse gracias a su diseño rectangular que en su base superior sobresalen unos cilindros y en su base inferior una superficie hueca, lo cual al unirla con otra hacían a la vez de hembra y macho, la cual sus diseñadores lo llamaron ladrillos de enlace automático, fue un completo éxito porque podían diseñarse a partir de esta sola pieza infinitas formas creativas.

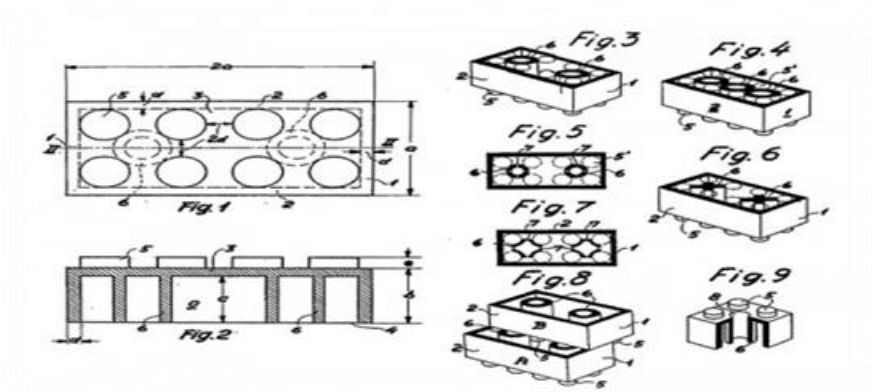


Figura 39: Características del bloque tipo lego

Fuente: Historia del lego, Mortensen (2017)

Elaboración: Historia del lego, Mortensen (2017)

1.3.1.3. Ensamble del bloque lego.

Uno de los éxitos de la adherencia de este bloque se debe a su conexión de cuatro cilindros que se conecta a su cavidad inferior dado por la fricción entre las piezas, las cuales ejercen unas fuerzas laterales que permiten fijar las piezas, paredes de los cilindros con los vértices en la base cubica.

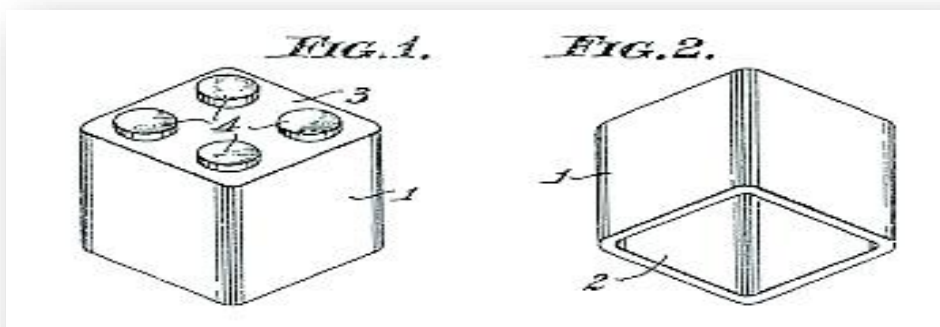


Figura 40: Ensamble del bloque tipo lego

Fuente: Jlores (2008)

Elaboración: Jlores (2008)

1.3.2. Bloque tipo lego de bloqueplás “BRICKAR”

La empresa bloqueplas es una empresa colombiana innovadora que utilizo el recurso desecado para aplicarlos a su ladrillo de plástico, que construye en su ladrillo tipo lego, así lo hace el arquitecto colombiano Óscar Méndez, quien diseñó este modelo a partir del aprovechamiento del plástico que se desecha y con el propósito de reducir el déficit habitacional del país colombiano que ya ha traspasado fronteras.

1.3.2.1. Origen del bloque tipo lego bloqueplás “BRICKAR”.

“La construcción de los ladrillos se hace al fundir y mezclar varios tipos de plástico; cada uno les da propiedades diferentes a los ladrillos. Luego, por un proceso innovador de inyección, se obtienen esos ladrillos con la forma de ‘bloques de Lego’”. (Carrafa, 2016)

La forma de los ladrillos permite a personas que no se dedican a la construcción y que no tienen experiencia en este campo a ensamblar las casas con una capacitación de tan solo tres horas, aproximadamente. Contrario a los métodos de construcción tradicionales, este tipo de ladrillos no requiere materiales adicionales para ‘pegarlos’ unos a otros. “En este caso solo hace falta ubicarlos en la posición final y unirlos con un martillo, al hacerlo las piezas quedan fijas.



Figura 41: Construcción de pared con bloque tipo lego

Fuente: Eco- ladrillos, Gonzalez Cecilia (2015)

Elaboración: Eco- ladrillos, Gonzalez Cecilia (2015)

La empresa de Méndez, “Conceptos Plásticos”, fabrica actualmente ocho tipos de productos para construir una vivienda, terminar una casa de 40 metros cuadrados requiere del trabajo de cuatro personas durante cinco días, “Estas casas tienen un costo 30 % menor comparado con las hechas de materiales tradicionales, el precio final ronda los 20 millones de pesos”, unos 6,480 dólares americanos, por las propiedades de los plásticos estas viviendas pueden estar de pie por más de cuatro siglos, son viviendas seguras sobre las condiciones de construcción, estos bloques son fabricados con aditivos que permiten retardar la combustión en caso de presentarse un incendio, además, son termos acústicos. “En tierra caliente, los ladrillos permiten que al interior de la vivienda la temperatura no sea tan elevada, y en tierra fría ayudan a guardar calor, comparado con el ambiente externo.



Figura 42: Casa elaborada con bloque
Fuente: Ladrillos de plásticos para la construcción (Carrafa, 2016)
Elaboración: Carrafa (2016)

Ante movimientos de tierra, ocasionados por sismos, por ejemplo, la estructura queda anclada a los cimientos, lo que la hace tan fuerte como para ser catalogada como sismo resistente. Si bien el plástico tiene la característica de ser liviano, un bloque de esta material pesa tres kilos y una casa completa puede llegar a las seis toneladas.

Esta iniciativa, que ya se ejecutó con la construcción de refugios para 42 familias en Guapi (Cauca), donde se reciclaron 200 toneladas de plástico, y que avanza con proyectos para varios municipios del Valle del Cauca y Cartagena, representa a Colombia en un concurso global de ideas innovadoras de emprendedores con impacto social en el planeta.

1.3.2.2. Características del diseño del bloque tipo lego Bloqueplás

➤ Sistema Constructivo Modular

El sistema constructivo opera con sistemas de anclaje y ensamble de los bloques sostenido por vigas y columnas del mismo material amarradas con perfil metálico y tornillos, es un sistema de fácil instalación, ya que no requiere de ningún pegamento, lo cual significa

una ganancia comparativa y un valor agregado sobre los demás productos que actualmente se utilizan en el sector de la construcción.

➤ Tubería

Los bloques tienen en el centro de las superficies cuatro orificios verticales internos equidistantes y pasantes que al adosar los bloques configuran ductos por los cuales se pueden incrustar redes eléctricas o hidráulicas.

➤ Facilidad para su Transporte y Almacenamiento

Los bloques de plástico recuperado, Brickarp, son livianos, de diferentes dimensiones y compactos. Se pueden transportar sin problemas a largas distancias, lo cual facilita su colocación en lugares geográficos apartados.

➤ Se pueden almacenar sin temor a su deterioro.

Proceso Industrial Ágil, Tecnología Limpia y Sin Pérdidas

La construcción con Brickarp se realiza a partir de vigas, bloques y Columnas obtenidas con el proceso de extrusión de plásticos, con el que se elaboran elementos para pisos, muros y cubiertas que no necesitan procesos complementarios de acabado para su instalación.

➤ Propiedad Termo acústica

El material y la composición química de los bloques se convierten en aislantes del frío y calor, manteniendo el interior de la construcción a una temperatura media constante. Sus fuertes agarres crean una barrera natural contra ruidos, el agua, el viento.

➤ Sismo resistencia

Debido al material con que se fabrican los bloques de plástico reciclado, a su diseño, la flexibilidad de vigas, columnas y bloques y por no necesitar pegamentos en la unión de sus partes, los productos arquitectónicos adquieren propiedades de sismo resistencia y su construcción se puede realizar rápidamente.

1.3.2.3. Ensamble del bloque tipo lego Bloqueplás.

Dos de las cualidades que lo define a este bloque son: la capacidad de ensamble y el material de que está hecho.

- Su ensamble, es un diseño increíblemente sencillo ya que da la impresión de un sándwich de tres piezas rectangulares del cual el centro sobresale en los dos ejes X & Y en la misma proporción el cual forma una protuberancia en su base superior y una cavidad en su base inferior.
- Su materialidad está compuesta de polímeros reciclados en diferentes cantidades.

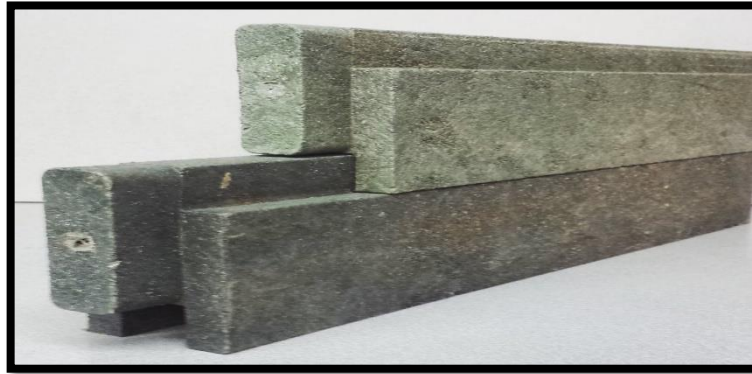


Figura 43: Ensamble del bloque

Fuente: Ladrillos de plásticos para la construcción (Carrafa, 2016)

Elaboración: Carrafa (2016)

1.3.3. Referencia análoga de ladrillo tipo lego de áridos comprimidos.



Figura 44: Bloque Lego

Fuente: Ladrillos de plásticos para la construcción (Carrafa, 2016)

Elaboración: Carrafa (2016)

1.3.3.1. Origen del ladrillo tipo lego de áridos comprimidos.

El origen de este tipo de ladrillos es difícil de identificar con precisión ya que existen muchas marcas y similitudes en el método constructivo, pero tendría sus orígenes a partir de la era industrial.

1.3.3.2. Características del bloque tipo lego de áridos comprimidos.

Este bloque está formado por una mezcla de áridos semi-húmedos que se comprimen con una fuerza de 150 a 200 kilogramos en un molde metálico donde luego se desmolda para que luego la pieza se deje secar durante 12 a 24 horas.

Una de sus características más favorables es que se puede usar plástico triturado como árido y otros desechos de plástico que no pueden retornar a la línea de reciclaje.

- Los materiales que se pueden usar:
 - Plástico (residuo fino limpio y residuo fino sucio)
 - Agua
 - Aditivo
 - Balanza
 - Concretara
 - Contenedores para la mezcla
 - Moldes para formar los cilindros
 - Vailejo
 - Varilla apisonadora
 - Martillo de caucho
 - Máquina de compresión.
-
- **Peso específico:** Los ladrillos, bloques y placas elaborados con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima.
 - **Conductividad térmica:** Los elementos constructivos obtenidos son malos conductores del calor, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior a la de otros cerramientos tradicionales.
 - **Resistencia a la compresión:** Ladrillos y bloques con plásticos reciclados tienen una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero

suficiente para ser utilizados como cerramientos de viviendas con estructura independiente anti-sísmica. En el caso de las placas, la resistencia es similar a la de placas fabricadas con ladrillos comunes.

- **Absorción de agua:** Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales.
- **Comportamiento a la intemperie:** Placas fabricadas con diferentes plásticos reciclados sin revoque fueron expuestas durante tres años a la intemperie, sin observarse en ellas alteraciones dimensionales ni deterioros. Se realizó un ensayo de envejecimiento acelerado con exposición a rayos ultravioleta y ciclos de humedad en laboratorio, utilizando el método del “QUV Panel” sobre probetas con PET reciclado, resultando que la disminución de resistencia a la compresión posterior al envejecimiento fue del orden del 25%.
- **Permeabilidad al vapor de agua:** La Permeabilidad al vapor de agua en elementos constructivos con PET reciclado es de 0,0176 g/mhkPa, similar al de otros materiales tradicionales para uso en construcción.

1.3.3.3. Ensamble del ladrillo tipo lego.

Con respecto a los otros referentes, éste tiene sus ventajas y desventajas como que necesita de un mortero para quedar adherido y el proceso de ensamble (la mayoría del tiempo llamado *ensamble progresivo*) las partes (comúnmente partes intercambiables) son añadidas conforme el ensamble semi-terminado en donde las partes son agregadas en secuencia hasta que se produce una hilera de ladrillos intercalados a una altura no mayor de 5 a 6 filas para que luego sea fundido y que el peso del mortero sumado su propio peso no desestabilice o deforme la mampostería.

Este método es un poco más rápido de aplicar con respecto al convencional pero su ventaja es que usa material no renovable ni reciclable, los ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para autoconstrucción.



Figura 45: Ensamble del ladrillo tipo lego
Fuente: El tiempo
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

1.3.4. Elementos constructivos de plástico reciclado para la construcción.

1.3.4.1. Origen de Madera plástica.

La madera plástica nace como una pequeña empresa y es referente nacional, su fábrica en Ecuador está ubicada en la Av. Isidro Ayora, ciudadela samanes 1 Mz. 149 v.30 ciudad de Guayaquil esta empresa está dedicada hacer objetos a partir de plástico reciclado como pilares, vigas, cuarterones, tablas, tablonés. Para realizar esta actividad realizan el mismo proceso que la empresa colombiana bloqueplás con la diferencia que ellos ofrecen objetos para usos cotidianos que reemplaza a la madera natural.



Figura 46: Madera plástica
Fuente: Madera plástica, Moreno (2012)
Elaboración: Madera plástica, Moreno (2012)

1.3.4.2. Características del plástico reciclado.

- **Materia prima:** plástico reciclado.
- **Valor agregado:** alta resistencia al impacto de uso, larga vida útil mayor a 100 años, no requiere mantenimiento. Producto reciclable y reutilizable.
- **Salud:** Higiénica y fácil de lavar, inmune a plagas, hongos, y bacterias. Libre de agentes tóxicos, 100% eco-amigable, no produce alergias.
- **Seguridad:** Impermeable, aislante eléctrica, acústica, y térmica. Antideslizante, alta resistencia salina y bioquímica. No se pudre, agrieta, hincha, deforma, combustión retardada Temperatura ambiental tolerada entre -20 °C a 70 °C. Punto de reblandecimiento 130 °C. Elongación para ruptura 800%. Esfuerzo a tensión 3300 psi. Excelente resistencia de tracción, flexión 250 MPa, y compresión 350 MPa.
- **Duración:** Alta resistencia al impacto de uso, vida útil mayor a 100 años. No requiere mantenimiento, barnices, pinturas, aceites, o cera. Ideal para zonas húmedas y ambientes de exterior.
- **Manipulación:** Se puede cortar, taladrar, atornillar, cepillar, tornearse, y más. Ensamblaje con pernos y tornillos que se puedan enroscar.

1.3.4.3. Ensamble del plástico reciclado.

El ensamble es de método tradicional porque fabrican iguales a la madera real como vigas, listones, tablas, tabloncillos, postes, pero su plus es la materia prima que usan además usan el mismo sistema de reciclado por extrusión para hacer sus piezas, con la diferencia que sus moldes, son molde de elementos comunes.

La construcción con ladrillo de plástico tipo lego se constituyen en una pieza para construir muros de cerramiento, tabiques, entre otros es un material de construcción inventado por Ecomat Research que funciona como pieza de lego y que está construido 100% con plástico reciclado de vertedero. Con estos ladrillos se pueden construir paredes rápidas y fácilmente no requiere mortero ni conocimientos especiales y además posee una excelente propiedad anti-sísmicas y resistencia superior al fuego, pesan poco, y son buenos aislantes del ruido y la temperatura. El diseño consiguió el Premio al Producto Innovador 2008 del ministerio de Infraestructuras italiano. (Cerna, 2015)

1.3.5. Vivienda Social

Para poder dar una conceptualización referente a la vivienda social, como primer aspecto es definir que es la vivienda, en relación a ello Cabrera (2014) pone en consideración la siguiente definición:

La vivienda es una necesidad esencial, un derecho primordial en la vida de los seres humano indistintamente a los periodos históricos; ya está catalogada como un aspecto relevante para cimentación del llamado núcleo de la sociedad, en relación a ello cabe destacar que siempre se ha constituido un problema social en el poder adquirirlas, ya que existen desigualdad en la repartición de tierras y riquezas consecuencia de ello habrá quienes las posean y otros quieran acceder a ellos, generando la lucha de clase.(pág.113)

La Comisión Europea en una pronunciación de 2009 dirigido a los Gobiernos de países bajos, define que la vivienda social debe estar destinados para grupo de poblaciones calificados como vulnerables o socialmente más desfavorecidos. Por otra parte, en España se define a la vivienda social como una superficie útil máxima de 90m² que debe cumplir con las condiciones de calidad de vida y precios determinados en las normas de desarrollo. (Belzunegui, 2015, pág. 41)

Ante lo expuesto se pone en consideración que la vivienda social se constituye debido al déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda, ya que son políticas que determina cada gobierno que están dirigidos para los sectores sociales que por sí solos no pueden adquirirla en el mercado.

Existen políticas de vivienda social que se basa en los subsidios directos al consumidor, asume que el Estado debe proporcionar a los hogares insolventes dinero en efectivo, créditos hipotecarios para completar capacidad de pago, de modo que puedan cubrir la diferencia entre lo que sus reducidos ingresos le permiten cubrir, y una vivienda con un valor tope establecido. (Calderón, 2015)

Como ejemplo de vivienda social expondremos a los proyectos ejecutados en la provincia de Loja cantón Loja, como ciudad victoria y ciudad alegría respectivamente.

1.3.5.1. Introducción.

El sistema de vivienda de un país se caracteriza por la inter-acción del mercado residencial y la política de vivienda, definida esta última como el conjunto de actuaciones

públicas (incluida la intervención en el mercado residencial) que tienen por objeto hacer efectivo el derecho de toda persona a una vivienda digna y adecuada.

Según la organización mundial de la salud a una familia que se considere con buena salud emocional y mental influirán cuatro factores 1) el hogar (significado social y emocional que las personas dan a su vivienda), 2) las condiciones físicas de la vivienda, 3) el entorno físico y 4) el entorno social (comunidad) del barrio donde está situada la vivienda. A su vez, estos factores vienen establecidos por el sistema de vivienda, resultado de la interacción del mercado y las políticas de vivienda, y otras políticas macro económicas y sociales.

Existe amplia evidencia de la repercusión negativa sobre la salud mental y física de unas condiciones de vivienda inadecuadas.

Es el marcado caso de la ciudad de Loja en el casco urbano se encuentra mejor atendidos todos estos factores de salud mientras que en los barrios circundantes esta desatendidos que ni siquiera cumplen con todos los servicios básicos, como es el caso de la ciudadela de tierras coloradas por citar un ejemplo, donde se ha podido evidenciar casas construidas de madera (palos) y plásticos como cobertor de techo y paredes donde el clima lojano sobre todo en los meses de Julio y Agosto los vientos son los más fuerte que otras épocas del año, y causan la destrucción de estas construcciones improvisadas.

1.3.5.2. Materiales usados.

En esta se aplicará a la vivienda de interés social de ciudad victoria. El municipio de Loja empleo material del lugar como:

En este caso me enfocare en las mamposterías, en lo común se ha usado ladrillo común prefabricado en el canto de Catamayo con respecto a las viviendas de una sola planta y en algunos casos y dependiendo del constructor y lo requerido en el contrato se usó bloque de la misma zona de Loja.

1.3.5.3. Normativa y dimensiones mínimas requeridas para la vivienda de interés social.

Hay dos tipos de viviendas: de una planta de 46 y 60 m² de construcción. Y la parte posterior lavandería, patio posterior de entre 18 a 36 m². Este puede servir para ampliar la construcción.

Según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1608.

Se acuerda que: en las urbanizaciones áreas mínimas de terrenos.

Tabla 9: Características de la vivienda social

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	NORMATIVA
vivienda unifamiliar o multifamiliar	Vivienda de interés social	Artículo 11. Tipología de vivienda
Vivienda segura y eficiente	Construcción sismo resistente	NSR-10 (AIS,2010)
	Uso adecuado del agua	Art. 5 decreto N° 705
	Adecuada instalaciones eléctricas	
	Apropiadas instalaciones de iluminación y alumbrado público	
Área mínima de lote	100m ²	Decreto NTE INEN 1608-2014
Frete mínimo	10m	
Área mínima de construcción	36m ²	
Altura mínima	2.5 m para clima frío o templado	Arquitectura habitacional (Alfredo Plazola Anguiano)
	2.7m para clima cálido seco y húmedo	
Áreas mínimas	Dormitorio = 7.3 m ²	
	Cocina = 3.6 m ²	
	Baño completo = 2.8 m ²	
	Cuarto de ropas = 1.1 m ²	
	Salón comedor = 15.6 m ²	
	Área múltiple = 14.6 m ²	
Lado mínimo	Dormitorio = 2.7 m	
	Cocina = 1.5 m	
	Baño completo = 1.2 m	
	Cuarto de ropas = 0.8 m	
	Salón comedor = 2.8 m	
	Área múltiple = 2.7 m	

Fuente: Plazola (2010)

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

1.3.5.4. Presupuesto por rubro de mamposterías.

Según el portal del periódico el comercio, el precio en el 2007 cuando empezó el proyecto ciudad vitoria, la casa de una planta constaba 13.000 dólares y de dos plantas 22.000 dólares dato como referencia.

Según el libro de Alfredo Plazola (Arquitectura habitacional) las mamposterías serian el 15 % de los ambientes de la construcción.

Según la cámara de construcción de Loja para este año 2017 el rubro de mampostería por metro cuadrado de ladrillo terminado eso incluiría revestimiento y pintura más la mano de obra, estaría entre 54.00 dólares.

1.3.6. Construcciones Emergentes.

La palabra emergente hace referencia a ciertas cualidades, propiedades, situaciones que afectan a la sociedad, ya sean estos suscitados por desastres naturales, o por la mano del hombre, donde se establecen acciones encaminadas a atender los emergentes con el fin de minimizar el grado vulnerable de la población. (Formica & Pantaleon, 2015)

Se podría definir como construcción emergente a todas las situaciones de emergencia o protocolo que requiera una aplicación inmediata de una infraestructura en el menor tiempo posible, sea esta por desplazamientos humanos por catástrofes naturales o situaciones emergentes no planificada requerida a último momento en proyectos ejecutados o por ejecutarse. Por ejemplo, bodegas, guachi-manías, coberturas de corto plazo, divisiones de pared. (Benitez, 2016)

Este proyecto apuntaría también a esta situación de construcción emergente local como el caso de ciudadela de tierras coloradas, donde existen tiendas de plástico y palos en este caso se definiría como una construcción emergente.

1.3.6.1. Por catástrofe natural.

En países como Chile, Haití y recientemente nuestro país has sufrido uno de los peores desastres naturas de su historia que son los terremotos, que son movimientos de tierra con grandes descargas de energía que arrasan con todo lo que este anclado al piso como son las construcciones.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la negligencia en la construcción de las viviendas ha contribuido, a que el daño sea mucho mayor y de valores económicos incalculables.

Las autoridades en el caso de Ecuador, luego del terremoto de 7,2 el 16 de abril del 2016 decidieron reubicar a las familias de Esmeraldas, Santa Elena donde ocurrió el último terremoto, los damnificados fueron reubicados en grandes grupos en carpas, lonas y otros tipos de membranas que fueron cubiertas improvisadas, para poder protegerlos temporalmente de las inclemencias del medio ambiente. Mientras se comenzaba con el trabajo de limpieza de escombros y recuperación de cuerpos, se implementó un protocolo de construcción de prefabricados para recuperar construcciones como hospitales y escuelas. Las familias reubicadas van aceptando la realidad, tratan de convivir y sobrevivir en este nuevo hacinamiento voluntario, en espera de ser reubicadas en sus nuevas viviendas de construcción en seco prefabricadas hechas por el gobierno de turno. (Benitez, 2016)

1.3.6.2. Aplicación de protocolo de emergencia.

Según el periódico el Mercurio, en el caso de nuestro país ha existido un protocolo de emergencia para desalojar, reubicar, albergar a las personas en caso de catástrofes naturales, pero no de implementar un nuevo sistema de construcción emergente como el que se realizó de la construcción en seco de prefabricados para hacer las escuelas y posteriormente las viviendas.

Por planificación de tiempo, este tipo de construcción emergente no involucraría ningún tipo de catástrofe natural, pero si una urgencia de implementar una construcción segura y barata que se pueda realizar en un lapso de tiempo muy corto con o sin ningún tipo de especialización del personal que lo instale; ejemplo de este requerimiento sería viviendas de interés social y coberturas provisionales y otras muchas más que requerirían de su implementación en el menor tiempo. (Benitez, 2016)

1.3.6.1. Vivienda emergente.

La secretaria Nacional de Riesgos (2011) establece que la vivienda emergente se denomina a una casa que se genera como solución a la pérdida de vivienda por distintos

desastres ya sean estos naturales o generados por el hombre, debido que el refugio es un primer paso ante una calamidad.

Las viviendas emergentes tienen como características ser una solución rápida, fácil de construir con requerimiento mínimo de mano de obra económico y de óptimo comportamiento estructural para la gran cantidad de personas vulnerables ya sea por permanecer en condiciones sociales, económicas deficientes, o porque habitan en lugares de alto riesgo. (Pesántez, 2016)



Figura 47: Vivienda emergente de Ecuador
Fuente: Emergencias y desastres en Ecuador (Cano, 2016)
Elaboración: Cano, Alberto (2016)

CAPITULO 2

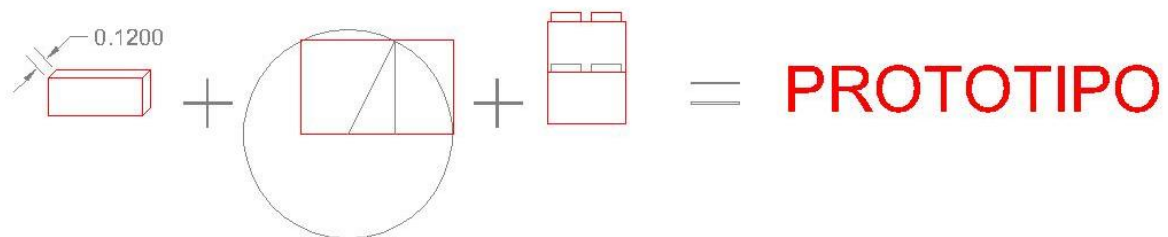
DESARROLLO REPRESENTATIVO DE LA PIEZA



2.1. Descripción del proceso de diseño arquitectónico

Para comenzar con el diseño del prototipo se basará en el sistema constructivo tipo lego. Su anclaje de las piezas y la forma rectangular basada en el ladrillo de arcilla que se usó como referencia. Ya teniendo en cuenta medidas, materialidad, diseño y sus diferentes métodos y maneras de aplicación se consideran tres aspectos para el diseño del prototipo.

1. Su forma se basará en ladrillo común de 29 cm largo por 12cm ancho y por 10 cm de alto
2. Se aplicará el método áureo para proporcionar y dimensionar correctamente el prototipo tomando una medida real del ladrillo de referencia (12 cm de ancho)
3. Se diseñará un sistema de anclaje tipo lego



Referencia + Rectángulo áureo + anclaje = prototipo

2.1.1. Rectángulo áureo.

Al hablar del diseño y proporción en espiral que siempre está en la naturaleza, sin duda es el diseño más EFICIENTE, óptimo y armonioso que se pueda tener como referencia.

Es el caso de los rectángulos de Fibonacci. Y la sección aurea que dice la longitud total $a + b$ es al segmento más largo que es "a", como a es al segmento más corto b que es el valor del número áureo y es la relación o proporción entre segmentos de rectas, equivalente a la relación a/b . Matemáticamente hablamos de un número algebraico irracional (decimal infinito no periódico) que es:

$$\frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1.6180339887$$

Representado arquitectónicamente sería.

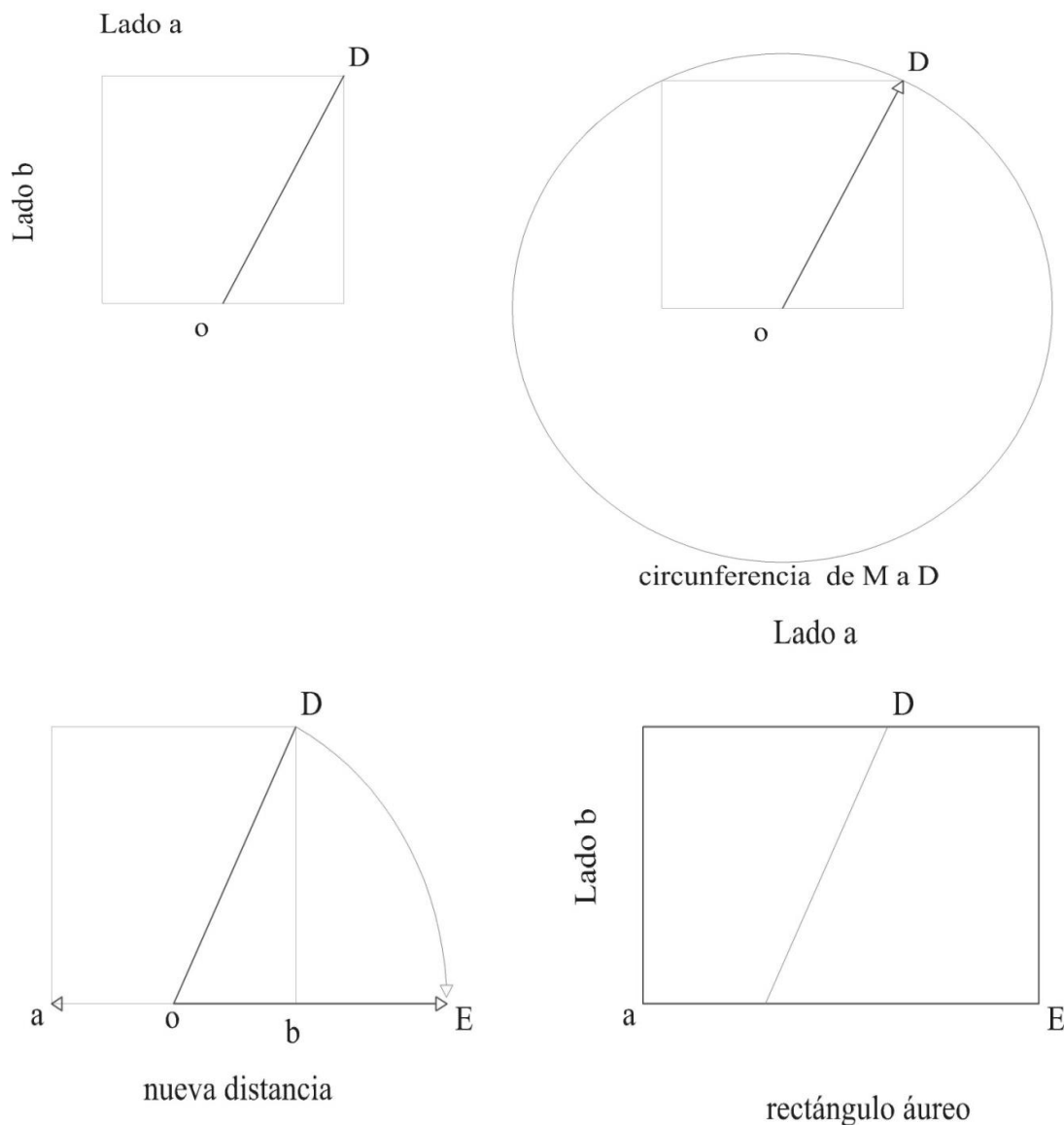


Figura 48: Rectángulo áureo
Fuente: Investigación de campo.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

2.1.2. Definición de las medidas de la sección del módulo base.

Como punto de partida se tomará tres aspectos importantes en el diseño arquitectónico de la pieza.

1. La dimensión base se tomará del ladrillo cerámico tradicional de 12 cm
2. Se aplicará el principio áureo para logra proporciones correctas
3. Como diseño se tomará las medidas áureas conseguidas para este prototipo

Al comenzar el diseño arquitectónico se tomó como referencia los 12 cm de ladrillo tradicional pero el modulo resultaba ser muy grande al unir las dos caras. Por lo tanto, se

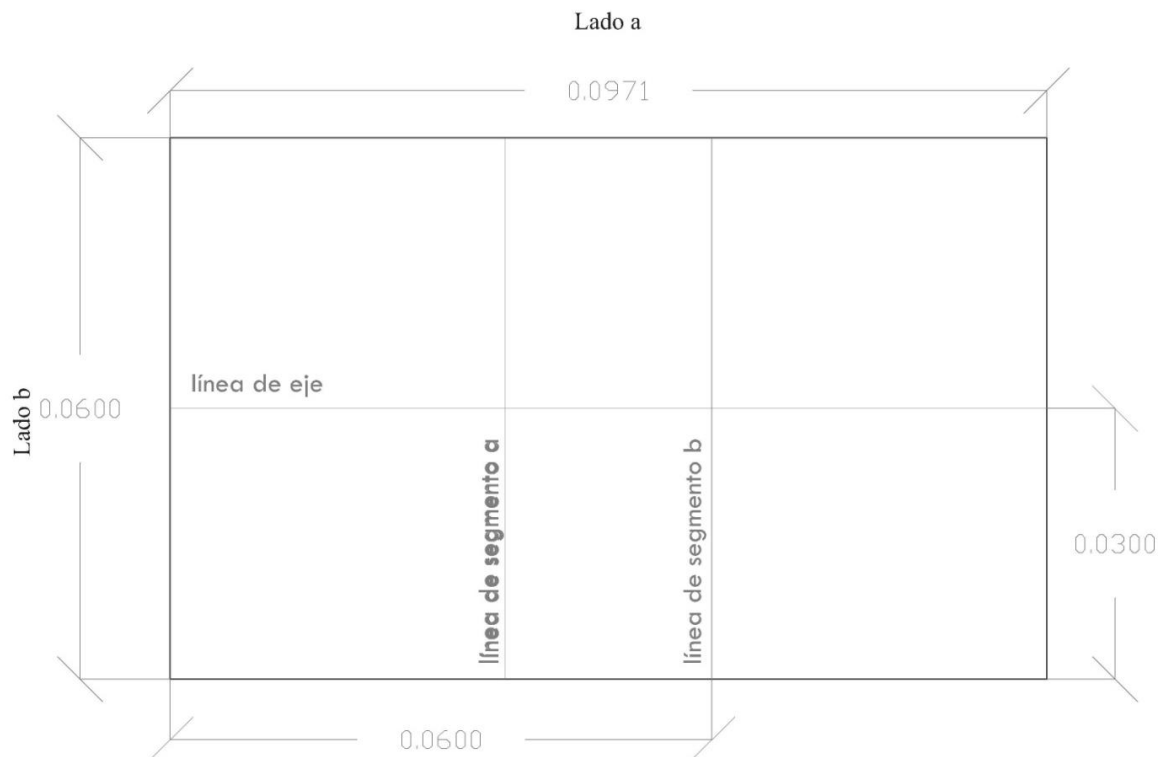
tomó 6 cm que es la mitad del ancho del ladrillo mencionado y dio mejores resultados. Lo cual, el lado “a” = 6 cm y multiplicado por (1.61803) (valor algebraico racional), sería igual **9.7082 cm** que es la distancia del lado a-E del rectángulo áureo.

Ya obteniendo la medida del lado más largo **9.7082 cm** se obtiene que:

1. Módulo base 9.7082 cm x 6 cm.
2. División del lado “a” segmento largo $9.7082/1.61803 = 6$ cm

2.1.2.1. *Diseño de sección modulo base.*

En el proceso de diseño se definió que el trazo ideal de la pieza de anclaje quedaría trazando una línea eje horizontal y una vertical que formen un polígono cuadrado formado de cada vértice del rectángulo la cual forma dos segmentos que servirán para conseguir el diseño como se indica en la figura siguiente.



Trazado en rectángulo Áureo

Figura 49: Diseño de sección modulo base

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

Ahora se marca los puntos p1, p2, p3, p4, p5, p6, según el resultado del proceso de diseño. El ángulo que se formo es resultado de la línea diagonal que se formado al unir los segmento "a" y "b"

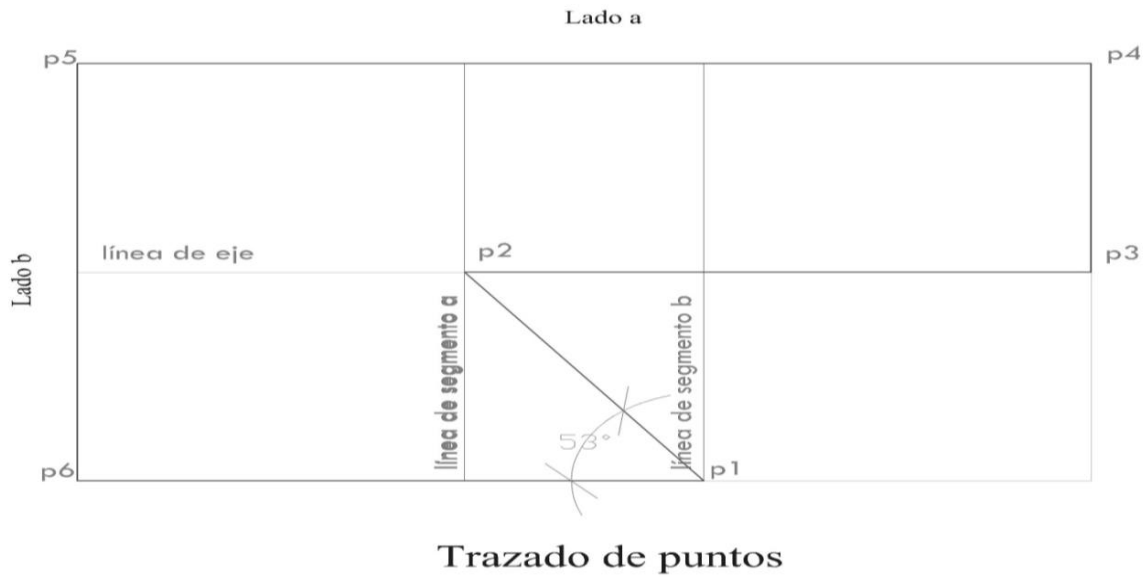


Figura 50: Trazado de puntos
Fuente: Investigación de campo.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

2.1.2.2. Obtención de sección de modulo base.

Este es una sección del módulo base ya que tienen que ser dos para logra el anclaje con la siguiente pieza.

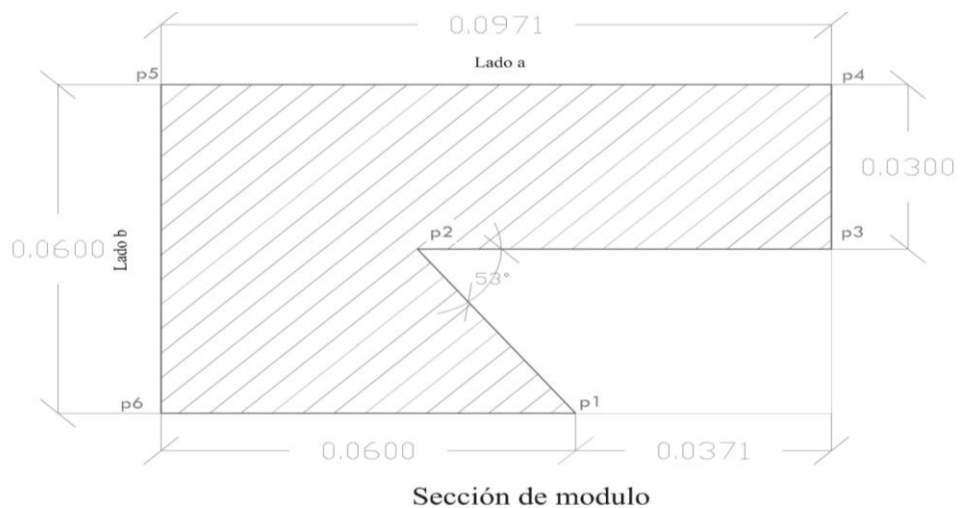
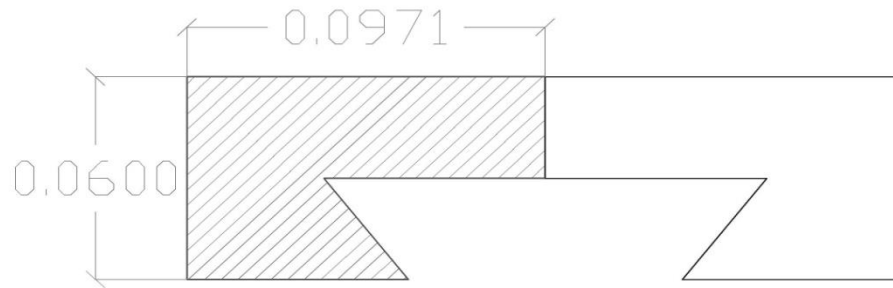


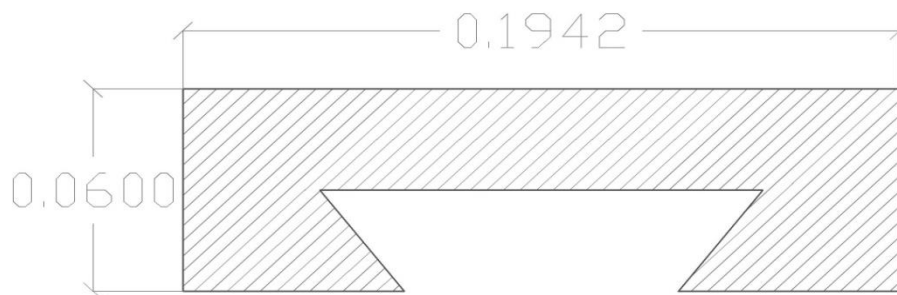
Figura 51: Sección de modulo
Fuente: Investigación de campo.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

2.1.3. Modulo base.

- Al unir las dos secciones base conseguimos el módulo base.



Unión de secciones



Modulo base

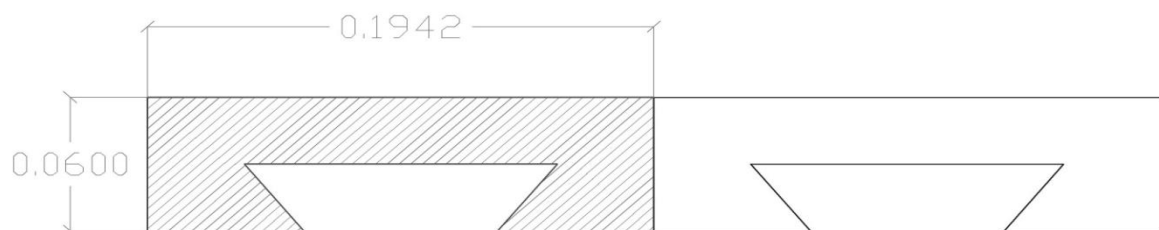
Figura 52: Modulo base

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

2.1.3.1. *Diseño sección de ladrillo por unión de dos módulos.*

- Al unir los dos módulos base logramos conseguir la sección de ladrillo. Que es la sección longitudinal del ladrillo que fue necesario para unir las piezas entre ellas.



unión de Módulos

Figura 53: Unión de módulos

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

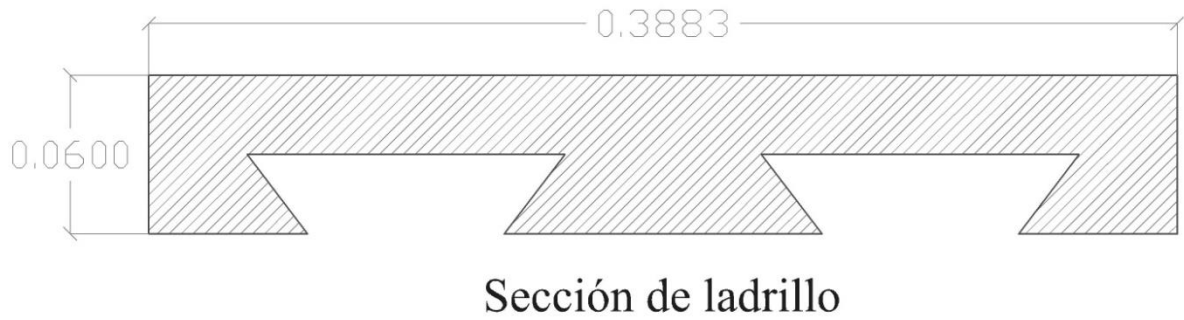


Figura 54: Sección de ladrillo
Fuente: Investigación de campo.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

2.1.4. Obtención del diseño del ladrillo por secciones

- Obtención del diseño del ladrillo formado por dos secciones transversales.

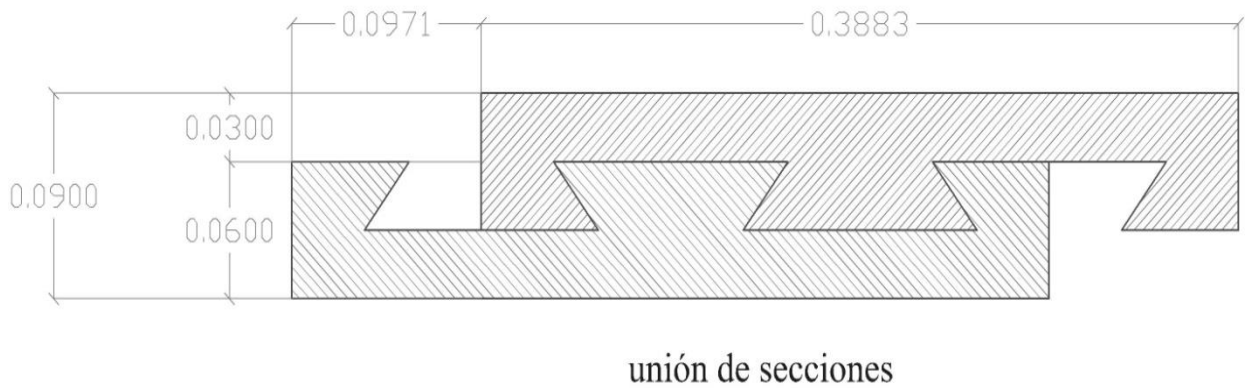


Figura 55: Unión de secciones
Fuente: Investigación de campo.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

2.1.5. Altura de ladrillo.

Para completar el diseño del ladrillo nos faltaría conseguir la altura, se hace eje en el vértice inferior "O" se hace radio hasta llegar al vértice medio del segmento "b" punto "a1", se hace se traslada la distancia verdadera hasta "a2" así se obtendría la altura del ladrillo igual redondeando a 10 cm

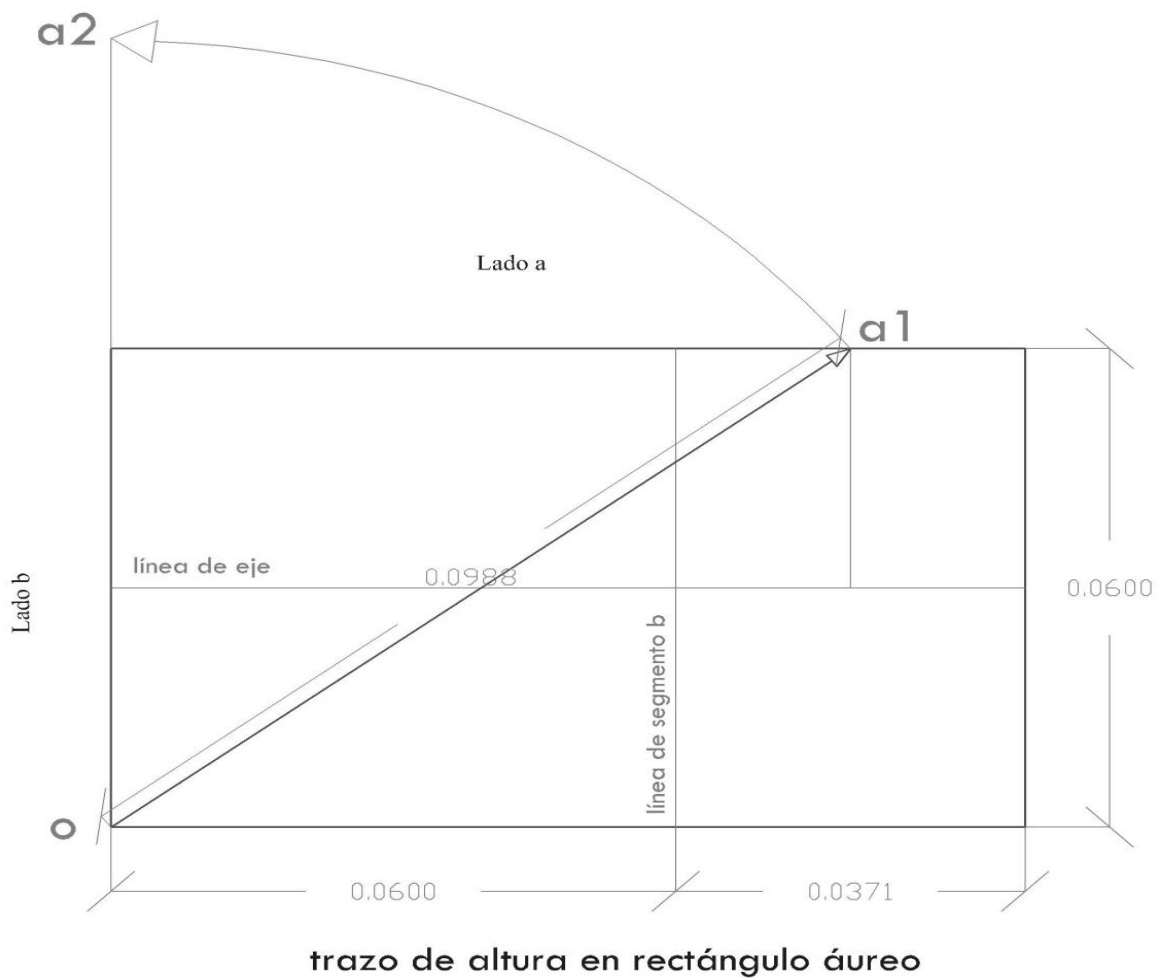


Figura 56: Trazo de altura en rectángulo áureo.

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

- Altura aplicado al ladrillo.



Figura 57: Altura de ladrillo

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

2.1.6. Diseño arquitectónico del molde metálico

El diseño del molde es alternativo pero paralelo al proceso industrial, pero o es macizo, pero si adaptado en dos partes para que el desmolde de la pieza se facilite.

Para realizar el proceso del molde para el prototipo se tomó como referencia las medidas reales del prototipo que fue obtenido por el proceso de diseño antes mencionado, pero la medidas fueron redondeados para poder cubrir de manera más satisfactoria las aéreas modulas de los espacios x, y, z, además se dejara un excedente de 3 cm para poder comprimir el polímero triturado.

- Dimensión: 39 cm x 6 cm x 10 cm
- Rendimiento por m² en mampostería en seco: 25.64 unidades

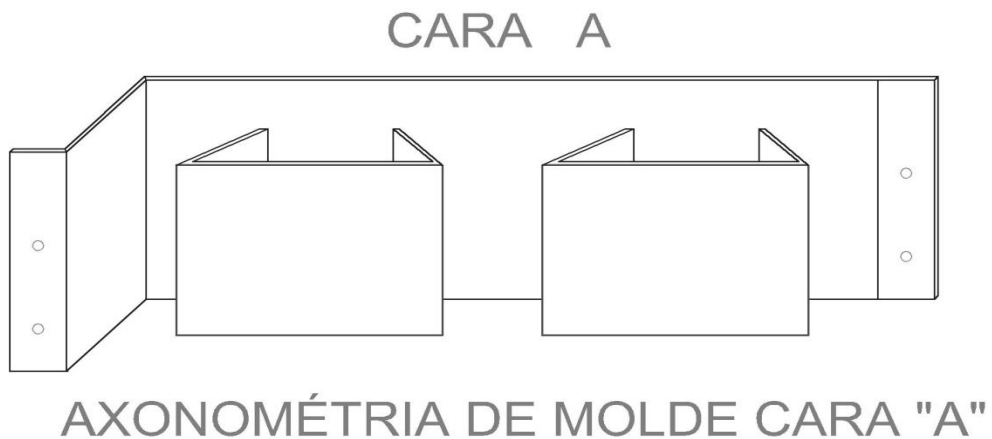
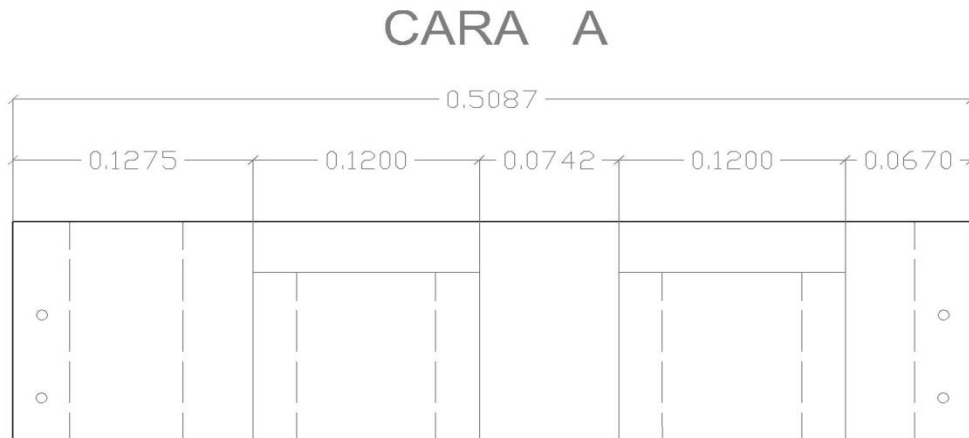
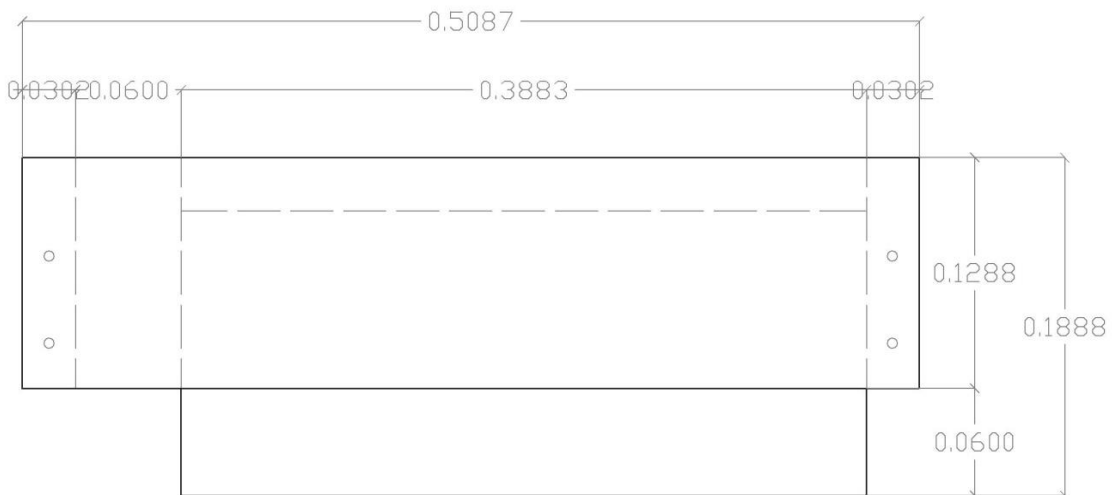


Figura 58: Axonometría de molde cara "A"

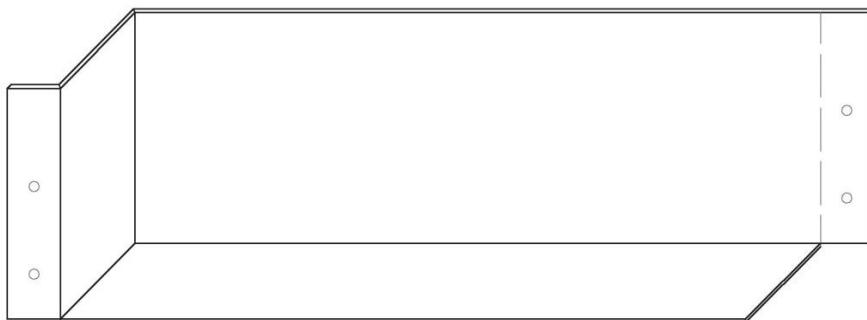
Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

CARA B



CARA B



AXONOMÉTRIA DE MOLDE CARA "B"

Figura 59: Axonometría de molde cara "B"

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

2.2. Instalación hipotética de la mampostería

Para el ensamble se partirá con el anclaje de las piezas divididas de manera longitudinal de 50 mm y anclándolas a la superficie donde se vaya aplicar con taco Fischer y su tornillo o tornillos de expansión si es base solido de hormigón o base donde se pueda fijar. El bloque entero se fijará al medio bloque por su sistema tipo lego, así a todos los demás.

Tabla 10: Broca y taco Fischer correcto para anclaje.

Diámetro de tornillo Medida (in)	Diámetro de taco Fischer (mm)	Diámetro de broca
# 12 x 3"	6.3 x 76 mm	6.3 x 76 mm
# 12 x 5"	6.3 x 102mm	6.3 x 102mm

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua, Samaniego, Danny Israel

En la combinación de la forma del ladrillo clásico con un material moderno resistente como es el plástico PET y el ensamble perfecto del bloque Lego. Ahora en teoría He podido dar como resultado de diseño un ladrillo que se compone de dos súper módulos que a su vez hará la mitad de un ladrillo de manera longitudinal, que uniendo otra mitad formará un ladrillo completo y terminado que se ensamblará con el siguiente de manera más eficiente.

- Anclaje al piso

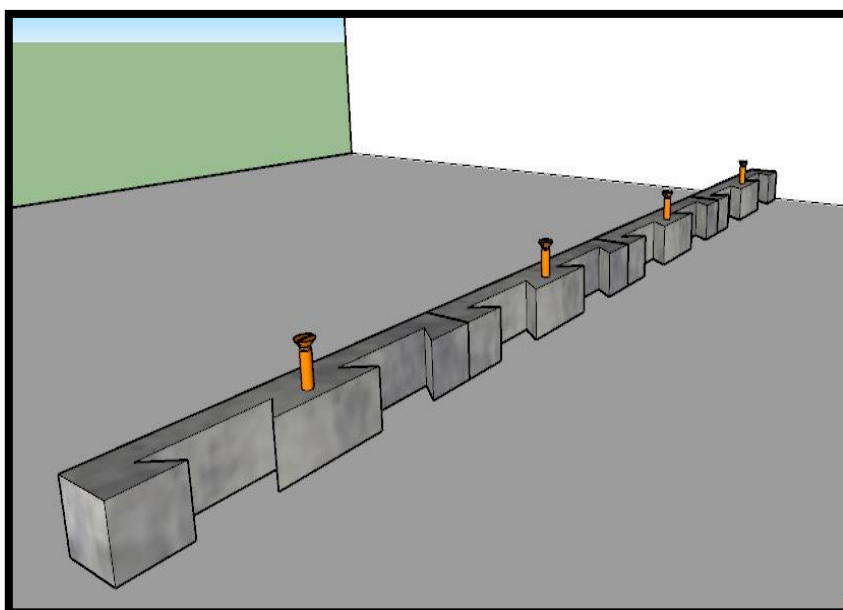


Figura 60: Anclaje al piso

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

- Secuencia de trabado hasta completar la altura requerida

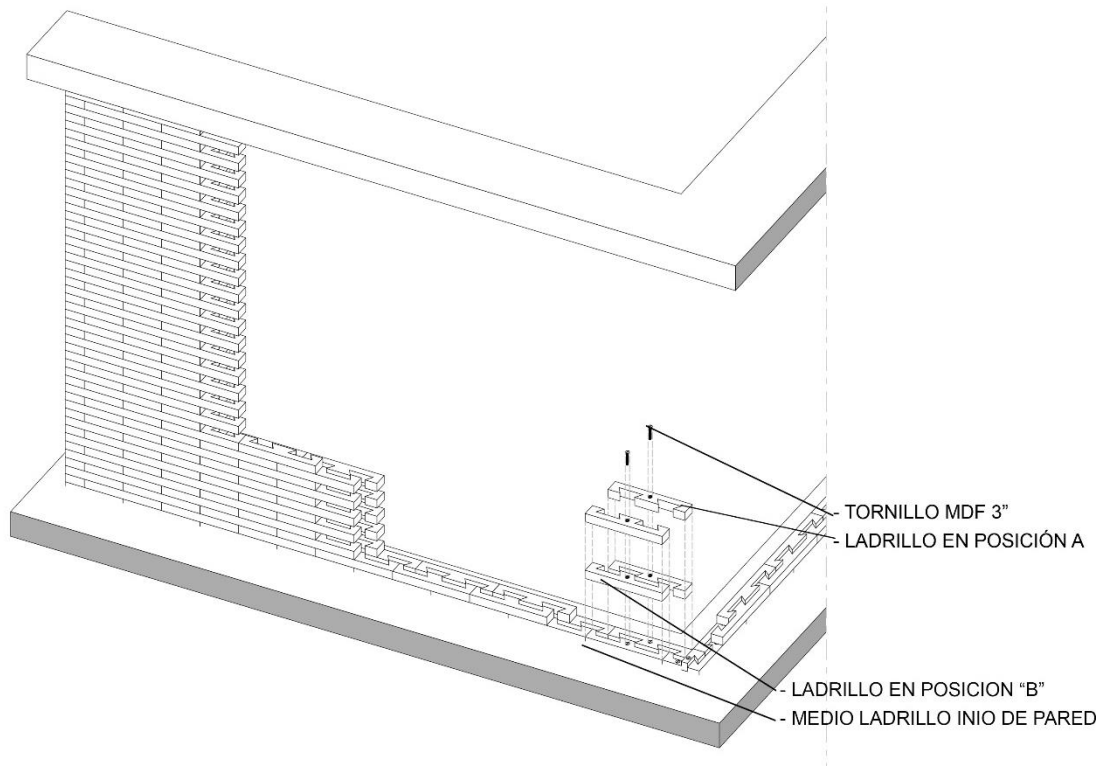


Figura 61: Perspectiva de anclaje del ladrillo.

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

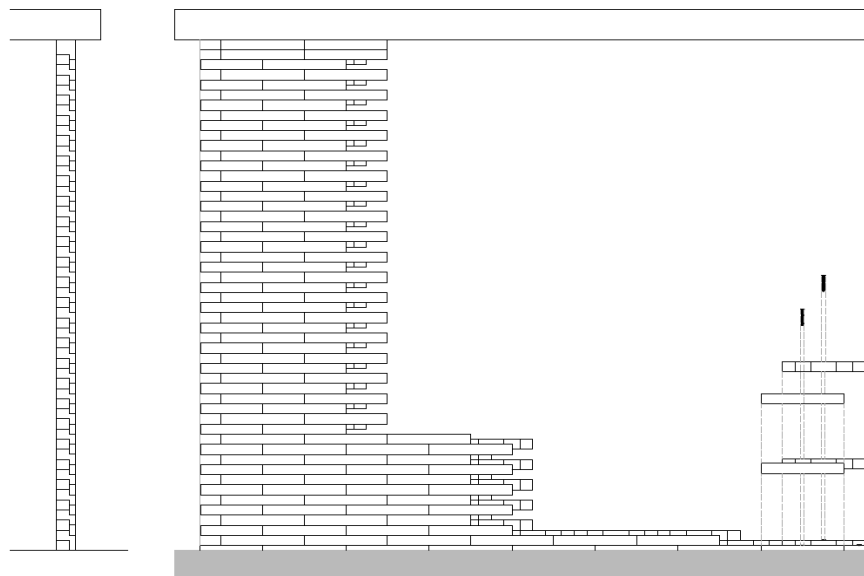


Figura 62: Vista lateral y vista frontal

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

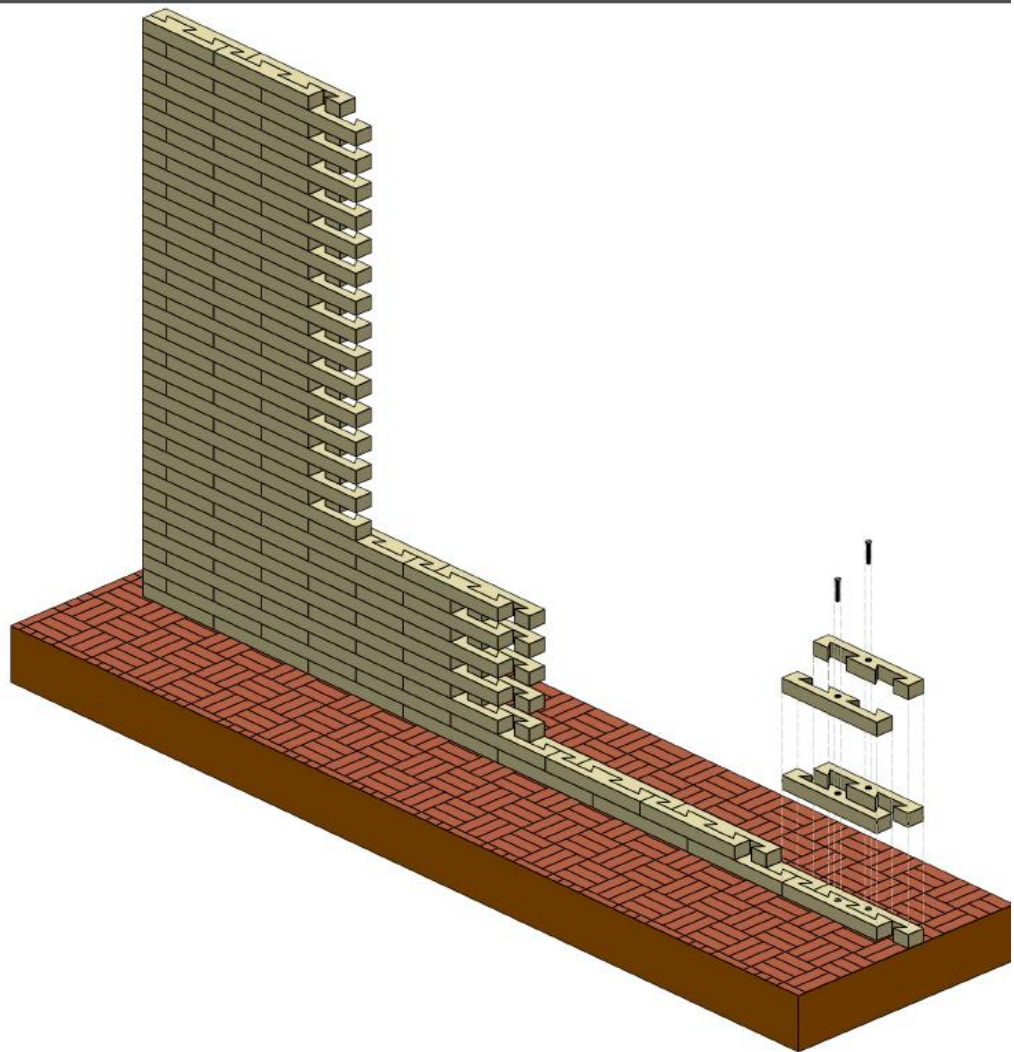


Figura 63: Perspectiva
Fuente: Investigación de campo.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

- Vista superior secuencia de sujeción

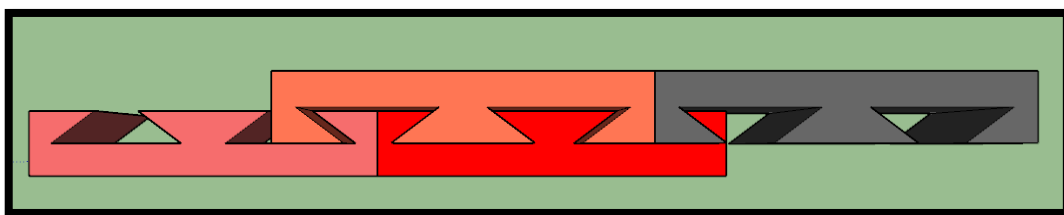


Figura 64: Detalle del anclaje del ladrillo
Fuente: Investigación de campo.
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel.

CAPITULO 3
EXPERIMENTACIÓN

3.1. Introducción

En el proceso industrial para la fabricación de piezas de polímeros son equipos y herramientas especiales, pero para este proyecto de experimentación los equipos igual que las herramientas fueron artesanales y alternativas a continuación se detallan todo el proceso.

3.1.1. Materiales equipos y herramientas usadas en el proceso de experimentación.

Para realizar todo este proceso experimental se tuvo que utilizar equipos y herramientas de la Universidad Tecnica Particular de Loja específicamente del laboratorio de ingeniería civil, las otras herramientas son de propiedad del autor .

3.1.1.1. *Materiales.*

Los materiales usados son solo los polímeros PET y PEAD de las tapas y botellas triturado.

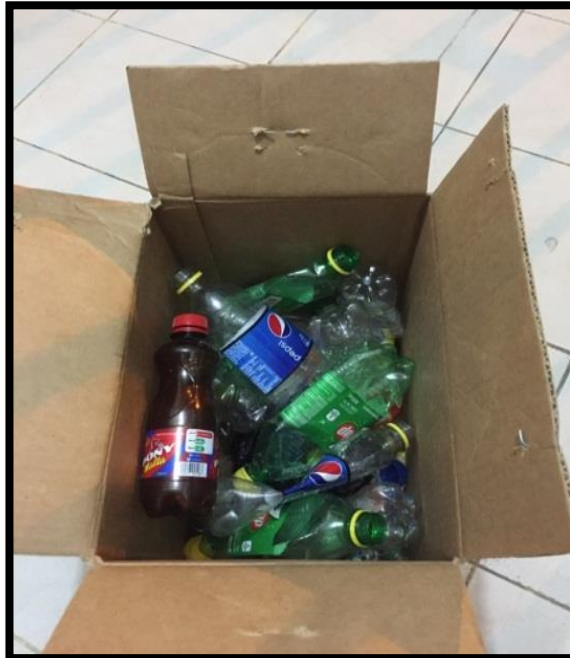


Figura 65: PET y PEAD

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel;
fecha de actualización: 03-10-2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 66: PET triturado

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel;
fecha de actualización: 03-10-2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.1.1.2. *Herramientas*



Figura 67: Sierra engletadora 10" 1600 w

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha
de actualización: 03-10-2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 68:: Tijeras

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización: 03-10-2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.1.1.3. Equipos.

En estas pruebas de compresión y flexión se usó la maquina Aceutek



Figura 69: Horno de banco /MEMMERT

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización: 03-10-2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 70: Balanza digital /AND/FX-5000i
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel;
fecha de actualización: 03-10-2017
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel
Loja



Figura 71: Calibrador mecánico MEMMERT
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha
de actualización: 03-10-2017
Elaboración: Universidad Técnica particular de Loja



Figura 72: Aceutek /USA
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel;
fecha de actualización: 03-10-2017
Elaboración: Universidad Técnica particular de Loja

3.2. Métodos y proceso a ser usados

Mediante la experimentación y correctamente clasificado y reciclado se realizará varios procesos hasta tener la adherencia correcta de las hojuelas de plástico tales como:

1. El método de **reciclado Primario** que es conversión de desechos plásticos en artículos con propiedades físicas hechas de PET y PEAD,
2. Separación por color, tamaño, peso.
3. Granulado por medio de un proceso de trituración utilizando una englatiadora y tijeras
4. Limpieza, la mayoría estaban contaminados con residuos de comida, líquidos, papel, piedras, polvo, pegamento, se deben limpiar.
5. Fundido se coloca en porciones en la olla de aluminio para ser fundido.
6. Molde calentándose en horno
7. Se vierte la masa en el molde.
8. Enfriamiento y desmolde se deja por 30 min y con una tina con agua para su manipulación se desarma el molde y se extrae la pieza.
9. Se prepara el molde para otra carga.

3.3. Fabricación del prototipo

3.3.1. Fabricación del Molde.

Para este cometido se debería tomar en cuenta la presión de extruido del material calculado a un 1.25 kilos de PET o PEAD, que tendría un ladrillo de polímero valor dado por la experimentación, a este cálculo estará determinado por el estudio y el diseño estructural del molde recomendado. Para el caso este caso de estudio no se requiere el diseño de la carga a presión del molde lo que no sería necesario este cálculo, pero si se requiere que el molde soporte la manipulación y el desgaste del trabajo además de soportar temperaturas extremas.

Para fabricar el molde se ha tomado como referencia los moldes de ladrillos, adoquines y bloques, que se utiliza en el cantón de Catamayo siendo este hecho en su mayoría de láminas de acero o hierro de entre 1.5 mm y 6 mm de espesor respectivamente y estructuras metálicas de soporte laterales si se requiere.

1. Materiales usados:

- Lámina metálica de 3 mm
- Angulo metálico de 1,1/4 in
- Cortadora de metal
- Dobladora de metal
- Soldadora de electrodos de 110 voltios

Se fabrica el molde en hierro con las dimensiones ya establecidas que son 39 cm x 6 cm 10 cm con forma LEGO.

2. Proceso

Cortado del metal y trazado de líneas para el doblado



Figura 73: Placa metálica de molde lado "B"

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05-10-2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 74: Placa metálica la "A"

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05-10-2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Doblado, soldado y pulido de los lados de molde.



Figura 75: Doblado y soldado de placa metálica "A" y "B"

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización, 05 de julio del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3. Molde listo

Molde desarmado y armado

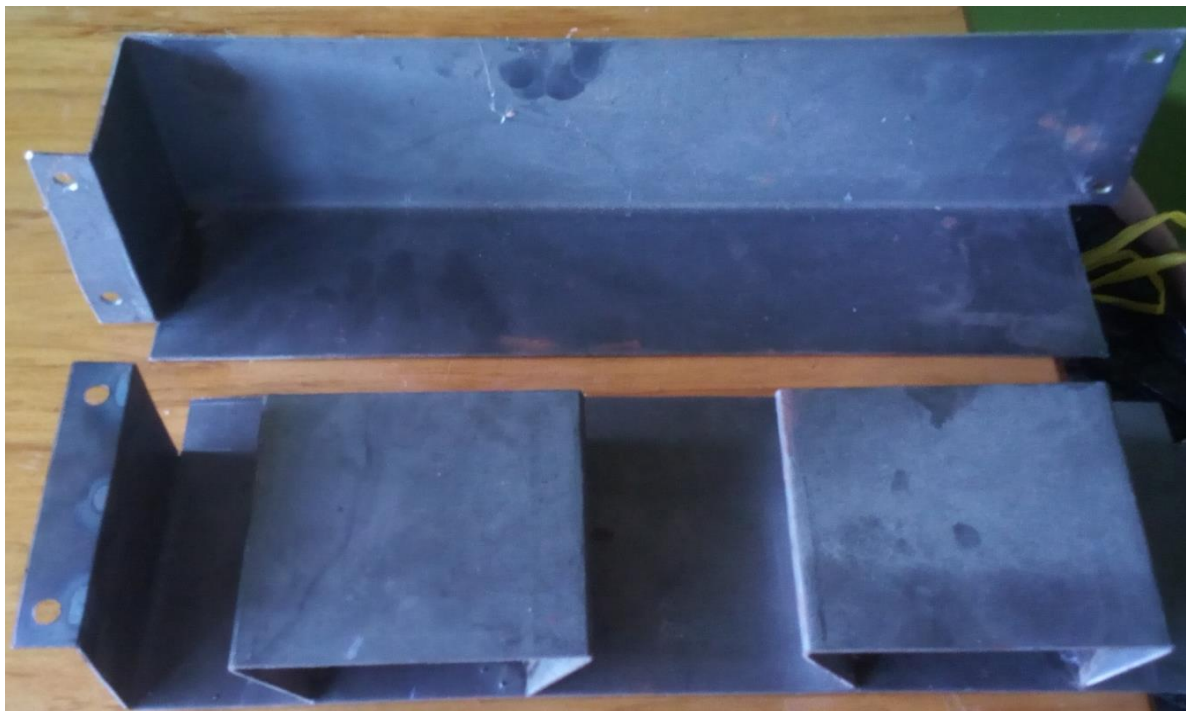


Figura 76: molde metálica desarmado cara "A" y "B"

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05 de julio del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 77: molde metálica armado

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05 de julio del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.3.2. Obtención de la materia prima

En el proceso de fabricación el polímero PET y PEAD estaban juntos en botellas de agua, gaseosas, aceite, y el polímero PEAD en las tapas de las botellas, envases de

detergentes aceites, líquidos de aseo, canecas, por lo que se comenzó con la recolección en oficinas, tiendas, vertedero municipal, incluso en la calle.

Una de las características que se mas se buscaba era que sea botellas de agua para evitar alguna falta de adherencia.

Luego recolectado la materia prima se clasifica y se pesa para registrarlo.



Figura 78: Botellas de agua y sodas con tapas
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 06-01-2016
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 79: Registro de peso de la materia prima
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 06-01-2016
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.3.3. Proceso de triturado PET y PEAD.

Por no contar con las maquinas trituradoras industriales recomendadas, el material recolectado PET y el PEAD fueron cortados con una englatiadora de marca DEWAT las bases y cuellos de las botellas ya que difícil cortar con tijeras y el cuerpo de las mismas fueron cortadas con tijeras, pero se obtuvo la medida recomendada de sus hojuelas de 10 mm como máximo.



Figura 80: Proceso del plástico picado

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Las hojuelas se lavaron y se dejaron secar durante varios días antes de realizar las pruebas y debidamente cortadas al tamaño recomendado.

3.3.4. Elaboración de ladrillo plástico

Preparación del molde

Se engrasa el molde con aceite vegetal o aceite para motor de carro para evitar alguna adherencia de la masa al metal del molde, para el proceso se calienta el molde igual que al horno por 15 minutos para que la masa no se detenga y fluya de mejor manera.



Figura 81: Engrasado del molde

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Calvinagua Samaniego, Danny Israel

Una vez triturado el plástico PET y el PEAD en forma de escamas u hojuelas se lavará y se seca.

Materiales y herramientas

- Lavadora de ropa
- Una secadora de pelo
- Una funda de almohada
- Una zaranda
- Una balanza
- Una presa
- Fuentes
- Olla de aluminio
- Horno
- Cocina industrial
- Alicates de presión
- Mesa de trabajo

3.3.5. Preparación del horno

Se retira todas las partes de división interna del horno y se lo lleva a un patio abierto para evitar cualquier emisión de gases por seguridad se calienta el horno 280 grados centígrados por 15 minutos para luego recibir el molde vacío y se caliente.

3.4. Experimentación.

Con la finalidad de tener mayor seguridad en el proceso se realizaron tres experimentos con el fin de irlos perfeccionando y así obtener mejores resultados.

A continuación, se detalla el proceso de los mismos.

3.5. Experimento “A” fundido del polímero PET al horno

3.5.1. Materiales

- Hojuelas de PET picado
- Un horno
- Molde metálico
- Aceite vegetal
- Aceite vegetal o de carro
- Una brocha
- Guantes de cuero, mascarilla, lentes
- Fuentes
- Alicates
- Tina con agua

3.5.2. Método usado

El método usado es de fusión por aplicación de calor indirecto dentro de una cámara, lo cual se realizó por medio de un horno casero.



Figura 82: Colocación de PET en el molde
Fuente: Investigación de Campo
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 83: Colocación del molde al horno.
Fuente: Investigación de Campo
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.5.3. Fundido de las hojuelas PET

Ya lavadas y secadas las hojuelas, se lubrica el molde con aceite vegetal, se vierte las hojuelas dentro del molde y se lo lleva al horno.

- Se coloca el molde metálico con PET triturado
- Se deja cocer por 4 horas a 280 grados centígrados la temperatura máxima de un horno casero
- Se retira y se prensa
- Se deja enfriar por una hora.

3.5.4. Prensado.

Es necesario este proceso mientras el molde está caliente y con rapidez se prensa para lograr que las partículas se fusionen y liberen todo el aire que ha quedado atrapado, y así mejorar la compacidad del ladrillo.

3.5.5. Enfriamiento y desmolde.

Finalizada la cocción se deja enfriar por 1 hora en la misma presa. Se vuelve a prensar con una presión de 520 kg/cm² para el desmolde y luego se procede a quitar de la presa y poner en la tina con agua por 15 minutos más para su manipulación.

3.5.6. Resultado

- Al someter a calor las hojuelas se observó que comienzan a generarse movimientos y se vuelven más rígido antes de disiparse las hojuelas.

- Al proceder al desmoldar las hojuelas se han fundido con éxito en todo el contorno del molde, pero en el centro de pieza se observa que las partículas se fusionaron con un cierto grado de dificultad a pesar que se procedió con inmediatez el prensado.
- La masa no es homogénea y presenta muchas irregularidades.
- El resultado de este proceso hace que el PET no pierde sus propiedades físicas y no se cristalice.
- El aspecto estético del ladrillo es muy irregular
- Al enfriarse no se encogió mucho como la del experimento “B”



Figura 84: Ladrillo PET experimento A

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel: fecha de actualización 05 de julio del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.6. Experimento “B” fundido del polímero PET aplicado calor directo

3.6.1. Materiales

- Hojuelas de PET picado
- Una cocina industrial
- Molde metálico
- Aceite vegetal
- Una brocha
- Aceite vegetal o de carro
- Guantes de cuero, mascarilla, lentes
- Alicates
- Olla de aluminio de 2000 ml
- Listón de madera
- Tina con agua

3.6.2. Método usado.

Método paralelo usado es el de extrusión ya que aplica calor directo solo a través de un metal que en este caso será la olla de aluminio y la cocina de industrial a gas licuado y para lograr el movimiento se usó una pieza de madera para revolver y que el calor sea aplicado a todas las partículas homogéneamente.

3.6.3. Fundido de las Hojuelas PET

Se calienta la olla de aluminio en una cocina industrial se va vertiendo el PET triturado poco a poco y se va meneando hasta conseguir derrita todas las hojuelas, se revuelve por 10 minutos hasta que se derrita y se convierta en un líquido, se ubica el molde en el horno a temperatura igual o superior a 280 grados centígrados por 15 minutos para conseguir que esté a temperatura del material derretido y pueda de mejor manera fluir en el molde, luego el molde listo se vierte las hojuelas de PET derretido.



Figura 85: Colocación de PET en la olla de aluminio

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 10 de agosto del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 86: PET derretido, hecho liquido

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel;
fecha de actualización 10 de agosto del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.6.4. Prensado

Este proceso no fue necesario el proceso de prensado ya que el PET derretido se adaptaba perfectamente al molde.

3.6.5. Enfriamiento y desmolde

Luego de finalizado la cocción se vertió en el molde y se dejó enfriar al ambiente por 15 minutos, luego en este proceso se tiene una tina lista con agua fría, que cubre todo el molde y se deja enfriar por 30 minutos más para luego proceder al desmolde de la pieza, por medio de una presa aplicando una fuerza no superior a 550 kg.

3.6.6. Resultado

- En el caso del PET la mezcla al calentarse se convirtió en un líquido denso fácil de manipular
- Al dejarlo que se enfrié su cara expuesta al ambiente se endurecía muy rápidamente y se hinchaba en cambio en su núcleo permanecía muy caliente.
- La pieza al enfriarse se encogió y en 6 al 10 % con respecto a su masa total, el cual causó daños a la pieza la cual se partió en de manera vertical a la cara frontal. Específicamente, siendo los ángulos donde la pieza sirve para anclarse unas con otras.
- Al enfriarse la masa formada de polímero PET también ha perdido sus propiedades de elasticidad y adherencia de sí misma.

- La pieza en si está muy cristalizada y frágil
- Mientras se enfriaba sufría más fisuras



Figura 87: Ladrillo PET experimento B

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 10 de agosto del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.7. Experimento “C” fundido del polímero PEAD aplicado calor directo

3.7.1. Materiales

- Hojuelas de PEAD picado
- Una cocina industrial
- Molde metálico
- Aceite vegetal
- Una brocha
- Aceite vegetal o de carro
- Guantes de cuero, mascarilla, lentes
- Alicates
- Olla de aluminio de 2000 ml
- Listón de madera
- Tina con agua

3.7.2. Polímero PEAD.

Se calienta la olla de aluminio en una cocina industrial se va vertiendo el PET triturado poco a poco y se va meneando hasta conseguir se derrita todo y se pueda manipular.

3.7.3. Preparación del PEAD

Se ubica el molde en el horno a temperatura igual o superior a 280 grados centígrados por 15 minutos luego en la cocina industrial se ubica la olla de aluminio con las hojuelas de PEAD y luego de PEAD se deja calentar por 5 minutos para posteriormente comenzar a mezclar con un utensilio de madera dentro de la olla hasta derretir toda la masa.

En el caso del PEAD la mezcla al calentarse se convirtió en una masa densa un poco difícil de manipular.

3.7.4. Fundido de las Hojuelas PEAD

- En este proceso de experimentación se obtuvo un paralelo al método de extrusión ya que se empleó un recipiente, el cual se expuso directamente al calor el cual derritió el polímero y se mezcló hasta obtener una masa en el caso del polímero PEAD similar a la masa de una melcocha sin perder sus propiedades y al enfriarse tomaba la forma del recipiente donde se lo colocaba.
- En el mismo procedimiento para el polímero PET resulto distinto, porque al someterla al calor directamente se derritió hasta convertirse en un fluido denso que al enfriarse tomaba la forma que se daba, pero perdía sus propiedades y se cristalizaba.

3.7.5. Prensado

Este proceso no es necesario, pero puede aplicarse si la masa ya se enfriado y ha comenzado a endurecerse o el molde está muy frio, en este caso será necesario para lograr una mejor compacidad.



Figura 88: Cocción del polímero PEAD
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel;
fecha de actualización 15 de agosto del 2017
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 89: Colocación de la masa PEAD en el molde

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de agosto del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.7.6. Enfriamiento y desmolde

Luego de finalizado la cocción se enfriará al ambiente por 15 minutos, luego en este se tiene una tina lista con agua fría para que cubra todo el molde y se deja enfriar por 30 minutos para luego proceder al desmolde de la pieza.

3.7.7. Resultado

- En el caso del PEAD la masa fue muy densa que permitía su manipulación mientras está caliente.
- Al dejarlo que se enfrié la masa se retrae, pero no deformaba ni se fisura
- La pieza al enfriarse se encoje entre 1 al 2% con respecto a su masa total
- Al enfriarse la masa no ha perdido sus propiedades de elasticidad y adherencia de sí misma.
- La pieza es sólida y muy resistente a golpes.

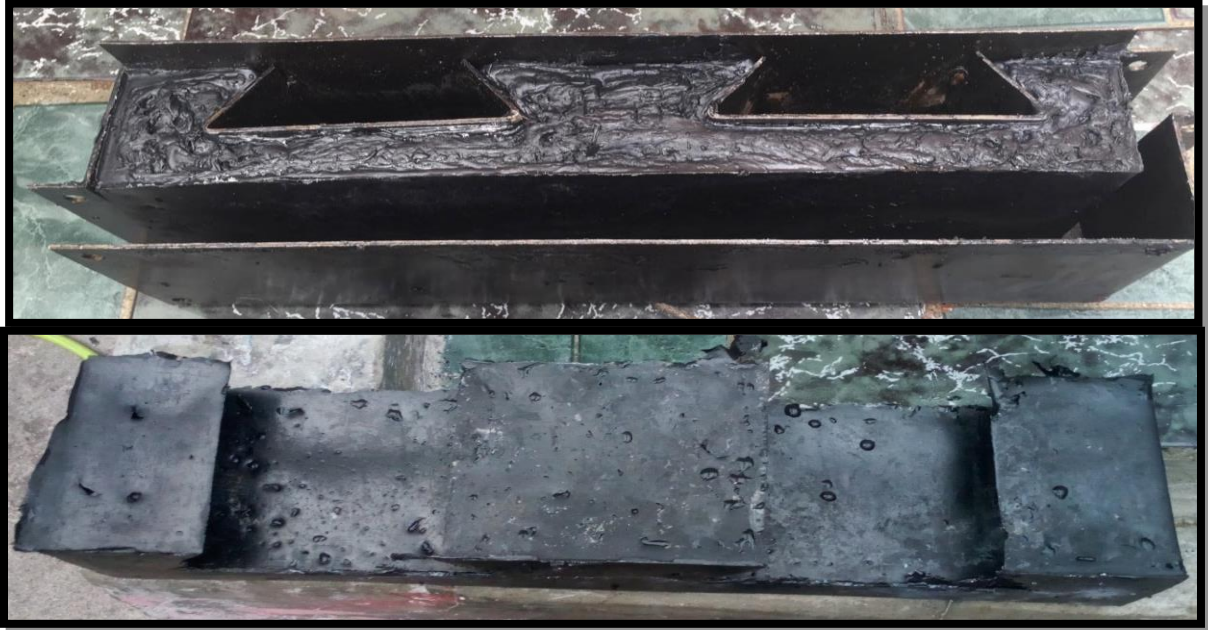


Figura 90: Ladrillo PEAD experimento C

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de agosto del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

3.8. Fabricación de moldes para probetas

Las herramientas serán las mismas que se usaron para la fabricación de las piezas con la diferencia que el molde es de madera por facilidad de construcción ya que el proceso se definió por el experimento “C” donde la masa es líquida y fluye con facilidad.



Figura 91: Moldes de madera para probetas a flexión y compresión

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 03 de octubre del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

- Se engrasa los moldes para evitar adherencia alguna con aceite de carro usada.



Figura 92: Moldes de madera para probetas a flexión y compresión lubricadas
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 03 de octubre del 2017
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Para la fabricación de los moldes de las probetas construyo a sobre medida para poder recortar prismas simétricos que se ajusten a los equipos y poder hacer los cálculos correspondientes como indica la norma INEN 194 Y norma ISO 178.

3.8.1. Fabricación de piezas con el proceso experimental “C”

Para realizar este proceso se pesará la cantidad del material picado y por experimentación el peso de la pieza es aproximadamente es1.25 kg.

1. Materiales usados:

- PET (triturado)
- PEAD (triturado)

2. Proceso usado para todas las piezas fabricadas

El PET y el PEAD triturado se depositan en el molde, en las siguientes proporciones que se muestran en la tabla 11

Tabla 11: Muestras con sus respectivas identificaciones.

MUESTRA	TEMPERATUR A CONSTANTE °C	PESO kg	PET Y PEAD (% EN PROPORCIÓN)	TIEMPO DE PREPARACIÓN EN MINUTOS	NO. MUESTRAS
T01-1	280 °C	1.25	100% PET	15	2
T02-1	280 °C	1.25	50% PET y 50% PEAD	15	2
T03-1	280 °C	1.25	100% PEAD	15	20

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

CAPITULO 4
ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Introducción

El aumento de consumo de plástico en la actualidad crece anualmente el 4% (INEC, 2010) con el desarrollo tecnológico estos tienen su característica como tener alta relación de resistencia/densidad, propiedades excelentes para el aislamiento térmico, eléctrico y de buena resistencia, por tal motivo hemos decidido realizar la Mampostería tipo lego, ladrillo de plástico, como una alternativa de que cuando se deja o se desecha esta materia prima en sus diferentes formas y en lugar de que sean desechos y dañen el ecosistema sea una alternativa para la construcción por lo que es necesario poner a prueba su resistencia al ambiente.

4.2. Resistencia a la flexión

En este ensayo nos basaremos en la norma INEN 194 e ISO 178 que es conveniente para el uso con plásticos extruidos, incluyendo los que dispone de cargas y los que no, láminas de termoplásticos rígidos y plásticos termoestables moldeados. En las siguientes tablas detallaremos como se componen las muestras y sus medidas reales obtenidas.

Tabla 12: Porcentaje de mezclas con su respectiva identificación por muestra

Temperatura Constante °C	POLIMERO	Muestra	Tiempo de preparación en minutos	No. Muestras
280 °C	PEAD 100%	F01	15	1
280 °C	PET 100%	F02	15	1
280 °C	PEAD 100%	F03	15	1

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

La normativa indica que las muestras no podrán superar dimensiones reales más de ± 5 mm el módulo de flexión y otros aspectos de la relación tensión/ deformación a la flexión. Es conveniente para plásticos extruidos, incluyendo los que disponen de cargas y los que no.

Para esta prueba se utilizaron probetas de 200 x 50 x 50 mm de dimensión. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad Técnica Particular de Loja.

4.2.1. Descripción del proceso

1. Se colocó el ladrillo de la muestra con la cara mayor sobre los apoyos, asegurando una separación de 25 mm entre apoyos, se hace descender la pieza superior hasta obtener un contacto directo con la superficie en el centro de la luz. Las tres líneas de contacto se mantendrán paralelas. Aplicar la carga hasta la rotura de la muestra.
2. La velocidad de aplicación de la carga del cabezal de la maquina fue a 0.05 mm por minuto que está dentro del margen de la norma que no debe ser superior a 1,5 mm por minuto.
3. Para estas probetas los cálculos están indicadas en la tabla 13
4. Se promedió los valores de las probetas en todos sus lados tomados de los lotes de ladrillos, comprobamos las medidas de cada probeta con un calibrador
5. Los datos para los cálculos se establecerán en base a valores obtenidos a partir de los resultados de la toma de datos
6. a continuación, vamos a identificar las probetas.



Figura 93: probeta de PEAD para ensayo a flexión

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de noviembre del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

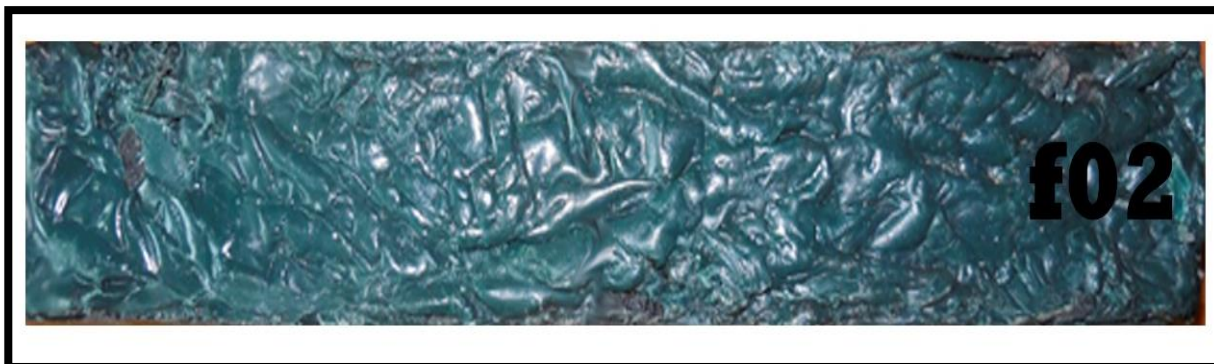


Figura 94: probeta de PEAD para ensayo a flexión

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de noviembre del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

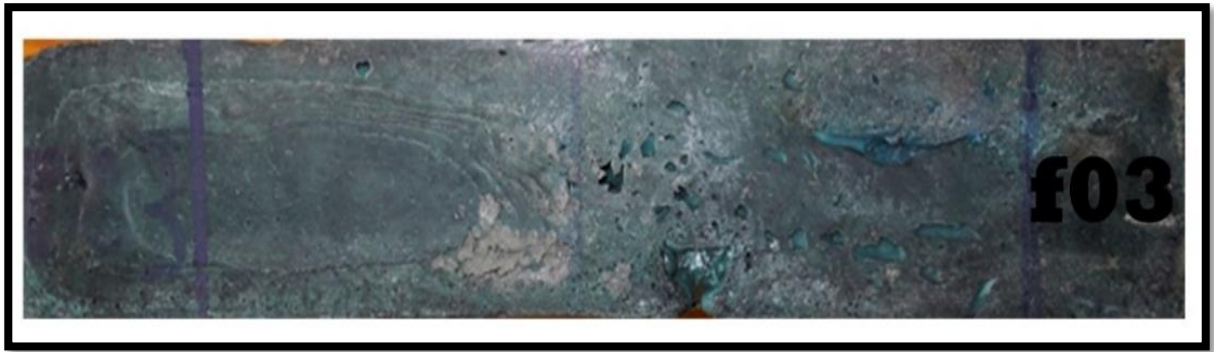


Figura 95: probeta de PEAD para ensayo a flexión

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de noviembre del 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

7. Se pesan las probetas, con una precisión de 0,1gr, para la obtención de cada una de las muestras.
8. Se marca la probeta con líneas paralelas de 25 mm a cada lado y se divide en tres partes iguales y se ubica el centro de la misma para que quede centrado en la máquina.
9. Se sitúan las probetas en la máquina para las pruebas respectivas, se realizará este proceso con todas las probetas.
10. Se aplica fuerza con el pistón de la máquina y se toman los datos en intervalos constantes hasta que se produzca la falla de la probeta.
11. Producida la falla (rotura) se cambia por la siguiente y se registra fotográficamente el resultado.



Figura 96: Probeta F01/Cara frontal/Falla a flexión

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel fecha de actualización 05 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 97: Probeta F02/Cara frontal/Falla a flexión

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 98: Probeta F03/Cara frontal/Falla a flexión

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

12. Una vez concluida con las pruebas a todas las probetas se procede a realizar los cálculos respectivos con los datos obtenidos.

Tabla 13: Cálculos de ensayos de probetas

PROBETA	PESO	AREA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (L)	FUERZA (P)	$d^2 = \frac{L}{3}$	b	MODULO DE ROTURA POR FLEXIÓN FORMULA $MR = \frac{PL}{bd^2}$
F01	0.57 kg	23.55 cm ²	150 mm	8.1 KN	50 mm	50 mm	9.72 $\frac{N}{mm^2}$
F02	0.54kg	29.15 cm ²	150 mm	4.6KN	50 mm	50 mm	5.52 $\frac{N}{mm^2}$
F03	0.50kg	30.97 cm ²	150 mm	8.5 KN	50 mm	50 mm	10.2 $\frac{N}{mm^2}$

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Tabla 14: Dimensión de las probetas.

NUMERO DE MUESTRA	PESO	TIPO	DIMENSIONES NOMINALES			DIMENSIONES REALES		
			LARGO	ANCHO	ALTO	LARGO	ANCHO	ALTO
F01		PEAD	200 mm	50 mm	50 mm	195.6 mm	48.9 mm	50.3 mm
F02		PET	200 mm	50 mm	50 mm	197.8 mm	49.7 mm	46.8 mm
F03		PEAD	200 mm	50 mm	50 mm	196.7 mm	48.8 mm	49.6 mm

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Tabla 15: Resultados de ensayo a la flexión de las probetas de los tres polímeros experimentales.

DEFORMACIÓN VERTICAL (cm)	F01 (PEAD)	F02 (PET)	F03 (COMBINADO)
0.00	0.67	0.34	0.50
0.05	2.22	1.87	2.57
0.25	3.32	3.05	2.89
0.55	4.00	4.54	4.05
0.74	5.76	5.52	5.65
0.81	7.35	5.00	7.80
0.85	8.55	4.00	8.76
1.05	9.72		9.23
1.35	8.50		10.20
1.6	8.00		9.00
1.8			8.00

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

4.2.2. Resultado de los ensayos a flexión.

Se detalla los valores obtenidos por las pruebas de resistencia a la flexión de cada probeta.

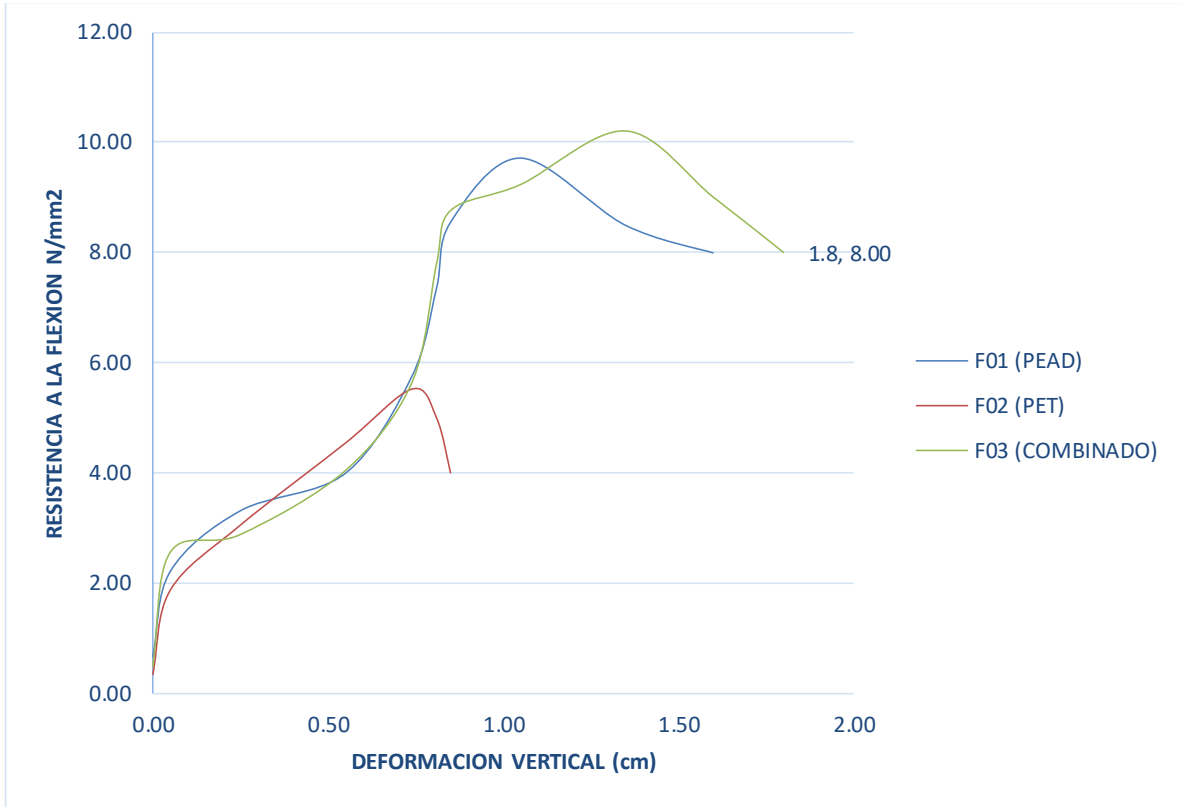


Figura 99: Curvas esfuerzo deformación a la flexión

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

De este proceso se obtiene los valores de cargas máximas soportadas (carga de rotura) por cada probeta. Se detalla a continuación:

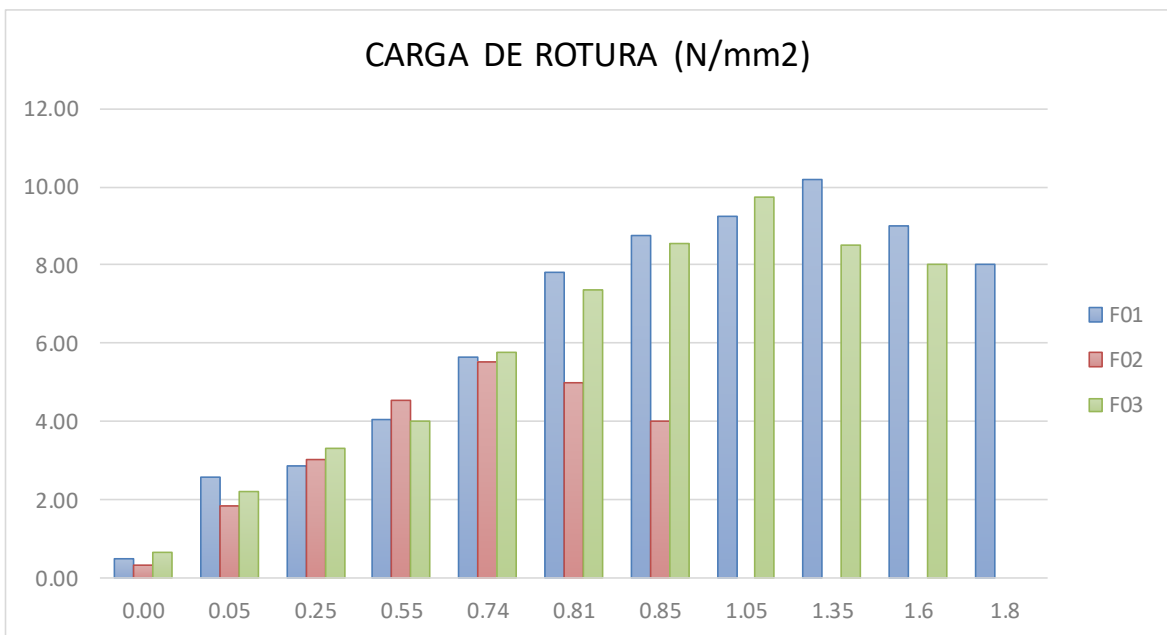


Figura 100: Carga de rotura por probetas (N/mm2)

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

4.2.3. Tabla comparativa de norma y resultados obtenidos

Tabla 16: Cálculos de ensayos de probetas

CUADRO COMPARATIVO ENTRE NORMA Y ENSAYOS A FLEXION				
PROBETA Y MATERIAL	CARGA	DEFORMACION ENSAYO	DEFORMACION NORMA INEN 194 e ISO 178	CONCLUSION
F01 PEAD	3,32 $\frac{N}{mm^2}$	2,5 mm	3,5 % espesor E= 4cm Deformación 1,4 mm	cumple la norma
F02 PET	1,87 $\frac{N}{mm^2}$	0,05mm		No cumple la norma
F03 COMBINADO	2,89 $\frac{N}{mm^2}$	2,5 mm		cumple la norma

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

4.3. Interpretación

Interpretación de la figura 98 resistencia a la flexión

F01 probeta 100% de polímero PEAD

- La deformación en la zona elástica llega a 2,5 mm y sobrepasa a 1,4 mm de la formación vertical pedida por la norma INEN 194 y la ISO 178 (Donde la deformación debe ser el 3,5 % del espesor de la probeta. En nuestro caso el espesor de la probeta es 40 mm y el 3,5% sería 1,4 mm)
- La resistencia elástica llega cercana a $3 \frac{N}{mm^2}$
- Tiene una zona inelástica muy grande con una elongación que llega a la rotura en 10,5 mm y una carga a la rotura de $9.72 \frac{N}{mm^2}$

Conclusión:

De lo expuesto se concluye que la muestra cumple más allá de lo pedido por la norma a la flexión.

F02 probeta 100% de polímero PET

- La deformación en la zona elástica llega a 0.05 mm no cumple con la norma a 1,4 mm de la formación vertical pedida por la norma INEN 194 y la ISO 178 (Donde la deformación debe ser el 3,5 % del espesor de la probeta. En nuestro caso el espesor de la probeta es 40 mm y el 3,5% sería 1,4 mm)
- La resistencia elástica llega cercana a $1.87 \frac{N}{mm^2}$
- Tiene una zona inelástica pequeña con una elongación que llega a la rotura en 1.35 mm y una carga a la rotura de $10.2 \frac{N}{mm^2}$

Conclusión:

De lo expuesto se concluye que la muestra NO cumple con lo requerido por la norma a la flexión.

F03 probeta de polímero 90% y de polímero 10 % PET

- La deformación en la zona elástica llega a 2.5 mm no cumple con la norma a 1,4 mm de la formación vertical pedida por la norma INEN 194 y la ISO 178 (Donde la deformación debe ser el 3,5 % del espesor de la probeta. En nuestro caso el espesor de la probeta es 40 mm y el 3,5% sería 1,4 mm)
- La resistencia elástica llega cercana a $2.89 \frac{N}{mm^2}$
- Tiene una zona inelástica pequeña con una elongación que llega a la rotura en 0.74 mm y una carga a la rotura de $5.52 \frac{N}{mm^2}$

Conclusión:

De lo expuesto se concluye que la muestra SI cumple con lo requerido por la norma a la flexión

4.4. Consideraciones para el ensayo de compresión.

Debido a que se está experimentado la construcción de ladrillos con materiales poliméricos no se encuentran normas debidamente aprobadas o reglamentos que se apliquen a la construcción.

Por tanto, no se han encontrado normas específicas para el esfuerzo a la compresión.

La única norma que se ha encontrado es la ISO 293 que especifica las dimensiones de probetas para ensayo a la compresión de materiales termoplástico en general.

Al no existir normas específicas para calcular los límites mínimos y máximos de carga y deformaciones se asumió las especificaciones para el hormigón y así poder utilizar los equipos del laboratorio de la UTPL. Por lo tanto:

1. Las probetas se diseñaron de acuerdo a lo necesario para usar la máquina de ensayos Aceutek del laboratorio
2. La velocidad de aplicación de la carga se la asumió a las especificadas de la misma máquina
3. Los ensayos se realizaron para los tres materiales que se ensayan:

PET, PEAD y combinación de cada material

Tabla 17: Porcentaje de mezclas con su respectiva identificación por muestra.

Temperatura Constante °C	PET Y PEAD (% en proporción en peso)(kilos)	Muestra	Tiempo de preparación en minutos	No. Muestras
280 °C	PET 100%	T01	15	2 T01-1 T01-2
280 °C	COMBINADO PET 50% Y PEAD 50%	T02	15	2 T02-1 T02-2
280 °C	PEAD 100%	T03	15	2 T03-1 T03-2

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Tabla 18: Dimensiones nominales y reales

NUMERO DE PROBETA	PESO	DIMENSIONES NOMINALES (Dimensiones requeridas según la máquina de laboratorio)			DIMENSIONES REALES (La norma señala que las dimensiones reales pueden variar en +- 5mm)			
		TIPO	LARGO Mm	ANCHO Mm	ALTO mm	LARGO mm	ANCHO mm	ALTO Mm
T01-1	0.29 kg	PET	160	40	40	158.3	37.8	41.5
T01-2	0.22 kg	PET	100	40	40	100.5	38.5	41.0
T02-1	0.28 kg	COMBINADO	160	40	40	156.2	39.0	38.7
T02-2	0.23 kg	COMBINADO	100	40	40	105.7	38.6	37.5
T03-1	0.30 kg	PEAD	160	40	40	155.2	36.7	40.2
T03-2	0.28 kg	PEAD	160	40	40	106.5	36.3	39.9

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

- Una vez concluida las pruebas con todas las probetas se procede a realizar los cálculos respectivos con los datos obtenidos.

Tabla 19: Cálculos en máquina de laboratorio UTPL

PROBETA	PESO	ÁREA	FUERZA LIMITE	FORMULA $\sigma = \frac{P}{A}$	OBSERVACIONES
T01-1 PET	0.29 kg	0.157 cm ²	0.9 KN	5732.48 $\frac{N}{cm^2}$	Muy cristalizado
T01-2 PED	0.22 kg	0.159 cm ²	2.5 KN	15723.27 $\frac{N}{cm^2}$	Muy cristalizado
T02-1 COM	0.28 kg	0.151 cm ²	10.4 KN	65408.80 $\frac{N}{cm^2}$	Semi cristalizado
T02-2 COM	0.23 kg	0.145 cm ²	9.8 KN	67586.21 $\frac{N}{cm^2}$	Semi cristalizado
T03-1 PEAD	0.30 kg	0.148 cm ²	40.07 KN	270743.24 $\frac{N}{cm^2}$	No cristalizado
T03-2 PEAD	0.28 kg	0.145 cm ²	34.1 KN	235172.43 $\frac{N}{cm^2}$	No cristalizado

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Tabla 20: Resultados de ensayo a la compresión de las probetas de los tres polímeros experimentales.

RESITENCIA A COMPRESION (N/mm2)							
DEFORMACIÓN VERTICAL	T01-1 PET	T01-2PET	T02-1 COMBINDO	T02-2 COMBINADO	T03-1 PEAD	T03-2 PEAD	
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
0.05	2500	11000	2500	4000	12000	10000	
0.15	5732	12000	5500	8000	50000	40000	
0.20	5000	13229	8000	10500	65000	50000	
0.25	4000	14726	10000	11500	80000	65000	
0.30		15723	15000	15500	97000	80000	
0.35		14000	28144	20000	115000	100000	
0.40		13000	40565	40000	138000	120000	
0.45			52986	50000	150000	140000	
0.50			65408	62000	170000	160000	
0.55				63586	185000	180000	
0.60				65586	210000	200000	
0.65				67586	229164	220000	
0.70				63000	259953	235172	
0.75				60000	270743	210000	
0.80					250000		
0.85							

Fuente: investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

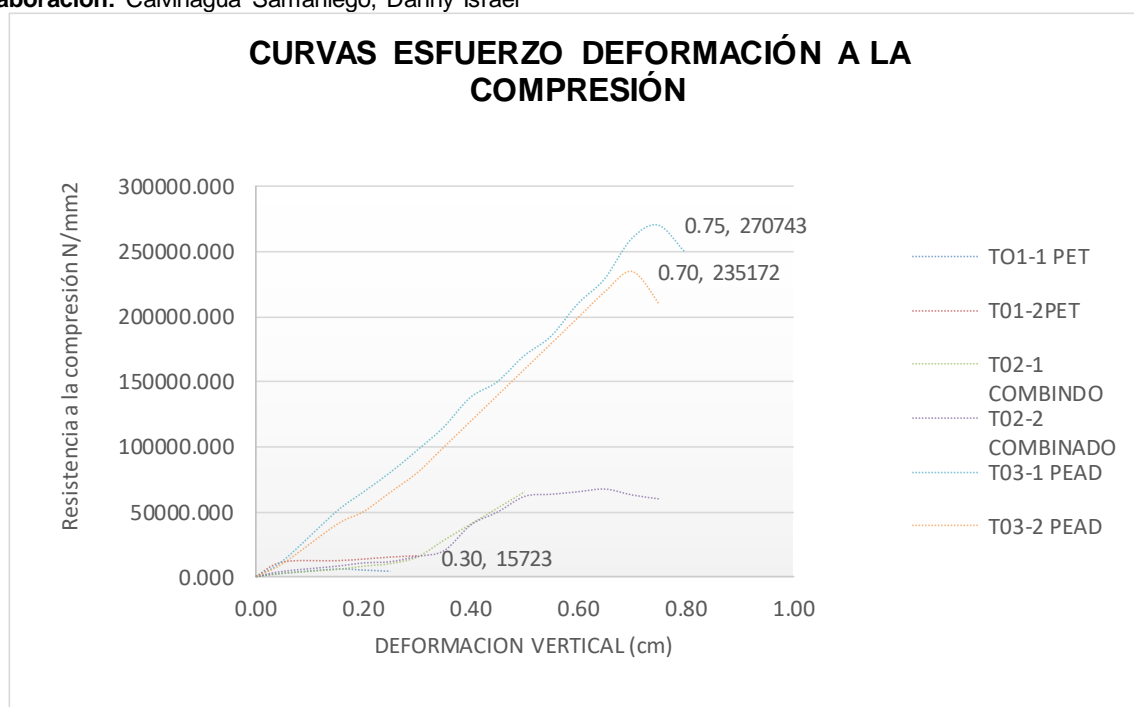


Figura 101: Cuervas esfuerzo deformación a la compresión

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

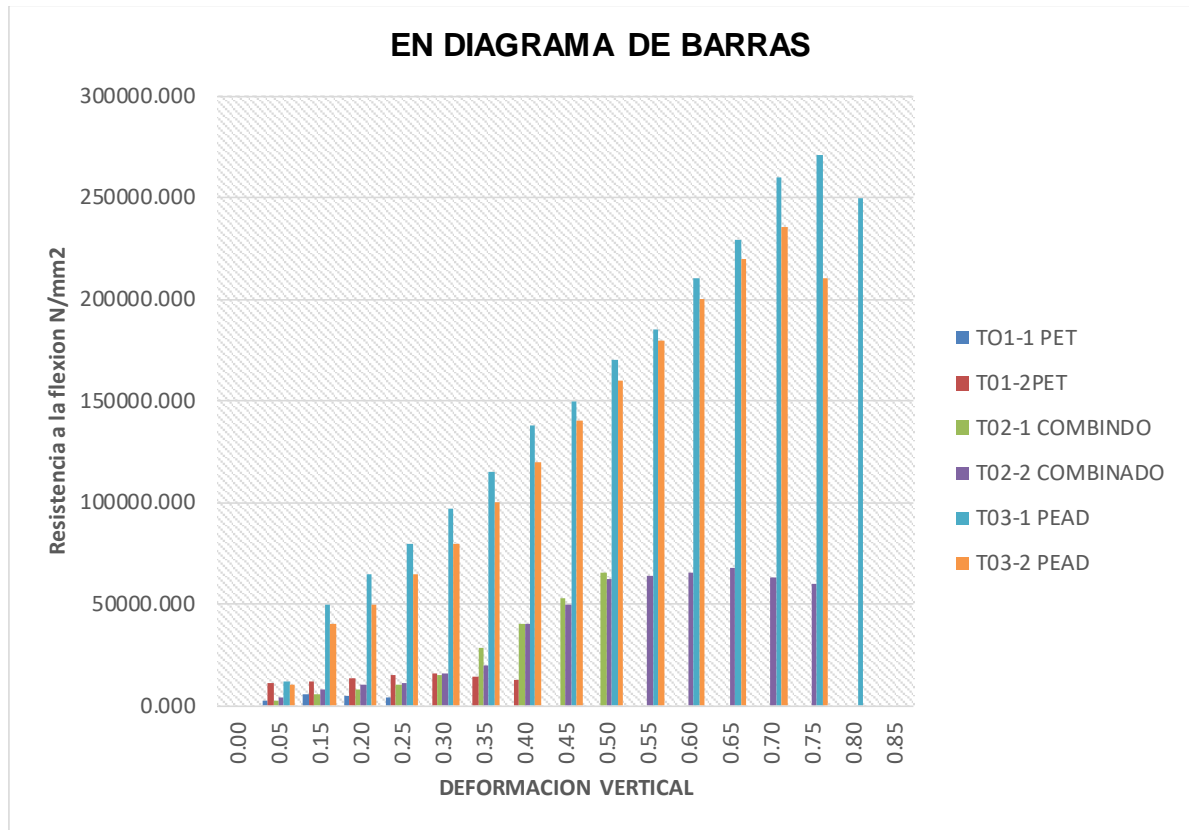


Figura 102: Diagrama en barras

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Calvinagua Samaniego, Danny Israel

Debido a que no existen normas específicas para polímeros termoestables no se pudo realizar esta comparación

Interpretación.

Interpretación de la figura 101 resistencia a la compresión

T03-1 probeta de polímero 90% y de polímero 10 % PET

- La deformación en la zona elástica llega a 0.75 mm
- La resistencia elástica llega cercana a **270743** $\frac{N}{mm^2}$

T03-2 probeta de polímero 90% y de polímero 10 % PET

- La deformación en la zona elástica llega a 0.70 mm
- La resistencia elástica llega cercana a **235172** $\frac{N}{mm^2}$

Conclusión:

De lo expuesto se concluye que las probetas de material PET las probetas T01-1 Y T01-2 y las del material PET 50% y PEAD 50% combinadas probetas T02-1 Y T02-2 aportan valores muy inferiores con respecto a las del material PEAD probetas T03-1 Y T03-2 que fueron realizadas con los mismos métodos e instrumentos que son las que mejores resultados que se ha tenido entre ellas.

4.4.1. Descripción del proceso.

Para este proceso se usaron probetas de 160 x 40 x 40 mm dos probetas de cada mezcla PET y PEAD y combinado para poder medir y hacer los cálculos respectivos.

5. Se promedió los valores de las probetas en todos sus lados tomados de los lotes de ladrillos, comprobamos las medidas de cada probeta con un calibrador.
6. Probetas para realizar los ensayos.



Figura 103: Probeta T01-1 /Cara frontal/Falla a compresión.

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 104: Probeta T01-2 /Cara frontal/Falla a compresión.

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 105: Probeta T02-1 /Cara frontal/Falla a compresión
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05 de octubre de 2017
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 106: Probeta T02-2 /Cara frontal/Falla a compresión
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05 de octubre de 2017
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

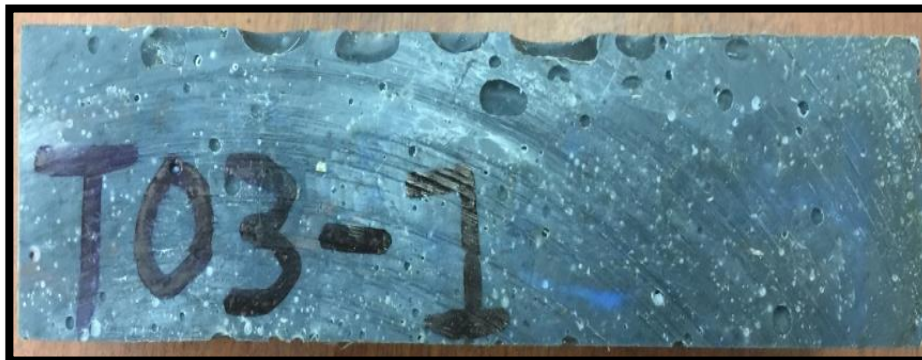


Figura 107: Probeta T03-1 /Cara frontal/Falla a compresión
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05 de octubre de 2017
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 108: Probeta T03-2 /Cara frontal/Falla a compresión
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 05 de octubre de 2017
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

7. Los datos para los cálculos se establecerán en base a los valores obtenidos a partir de los resultados de la toma de datos.
8. Se pesan las probetas, con una precisión de 0,1gr, para la obtención de cada una de las muestras.
9. Se marca la probeta en el centro y se ubica hasta que quede centrado en la máquina se sitúa las probetas en la máquina para las pruebas respectivas se realizará este proceso con todas las probetas.



Figura 109: Máquina con probetas para ensayo a compresión
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de octubre 2017
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

10. Se aplica fuerza con el pistón de la máquina y se toman los datos en intervalos constantes hasta que se produzca la falla de la probeta.
11. Producida la falla (rotura) se cambia por la siguiente y se registra fotográficamente el resultado de las probetas con daños más notables.

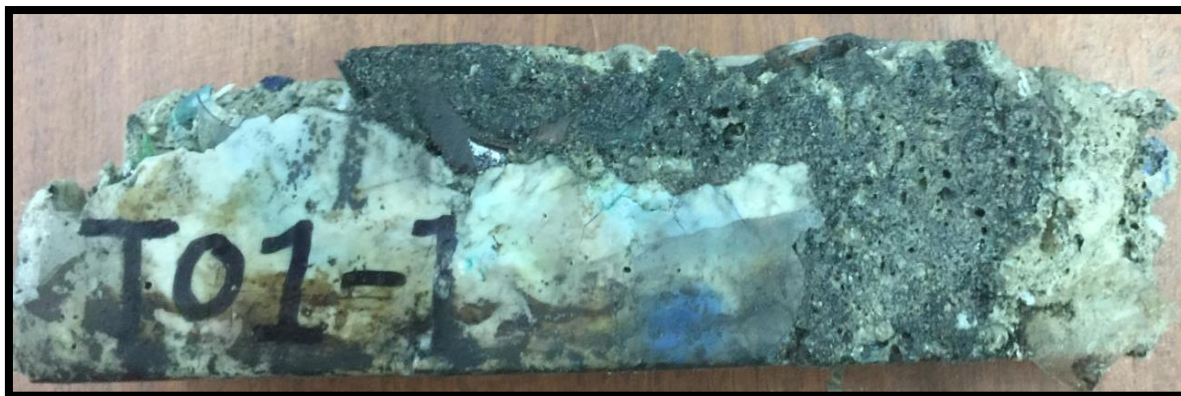


Figura 110: Probeta con daños T01-1

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización: 15 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

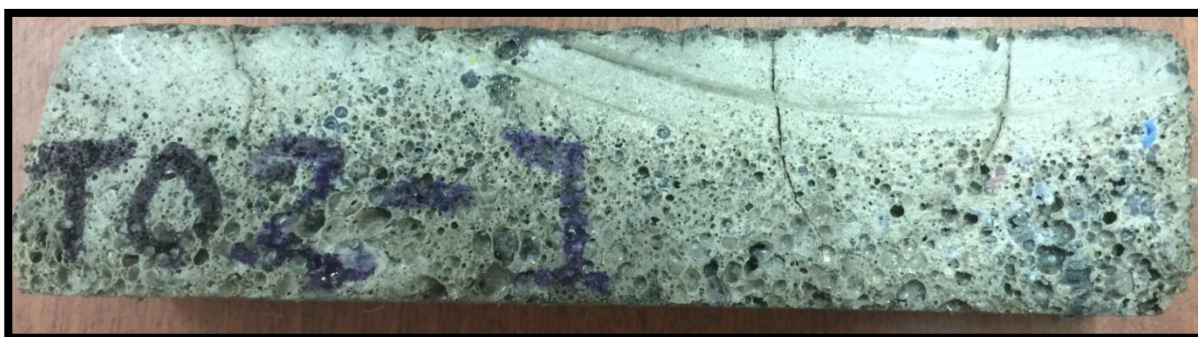


Figura 111: Probeta con daños T01-2

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 112: Probeta con daños T02-1

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

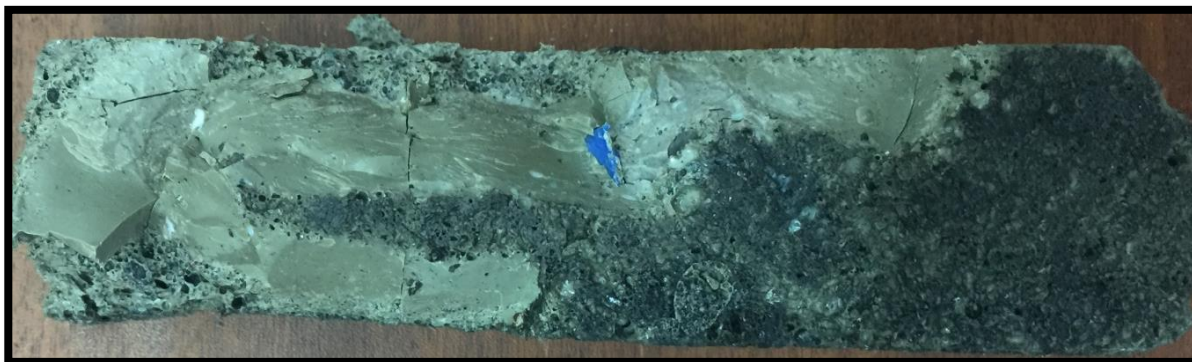


Figura 113: Probeta con daños T02-2

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 114: Probeta con daños T03-1

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización, 15 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 115: Probeta con daños T03-2

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

4.4.2. Ladrillo desarrollado con el proceso experimental "C"

El ladrillo de polímero PEAD la mejor opción resultado de las pruebas realizadas donde las pruebas en resistencia a la flexión y compresión fueron optimas Materia prima PEAD, cocción y colocación en el molde de la masa. Colocación de la masa en el molde.



Figura 116: Colocación de la masa en el molde
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Se deja enfriar por 30 minutos luego se coloca en una tina con agua, se suelta el molde que esta diseñado en dos secciones.



Figura 117: Desarme del molde
Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel
Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Se empuja la pieza de ladrillo con una prensa y se deja enfriar nuevamente por otros 30 minutos mas.



Figura 118: Retiro del Ladrillo del molde con una prensa

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización 15 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel



Figura 119: Prototipo de ladrillo

Fuente: Caivinagua Samaniego, Danny Israel; fecha de actualización, 15 de octubre 2017

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Observaciones

- Todas las piezas en forma de ladrillo fueron hechas de polímero PEAD
- Las piezas al secarse o enfriarse se encojen con respecto a su maza
- No ser realizo piezas con otros materiales.
- La pieza fue sometida prueba de anclaje y funciona como lo descrito en el diseño.

4.4.3. Presupuesto del prototipo de ladrillo plástico

Tabla 21: Presupuesto referencial del ladrillo

COSTO DE PRODUCCION DE UN LADRILLO ESPERIMENTAL							
	MATERIA PRIMA	PESO	PREPARACIÓN	COCCIÓN	MANO DE OBRA	METODO	VALOR
NOMBRE	PEAD	1.25 kg	Triturado 1 hora= 20 kg	15 minutos	especializada 1hora = 4 piezas	artesanal	producción por pieza
COSTO		0.42	0.25	0.15	0.94		\$ 1.76

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

La producción de un ladrillo puede sonar costoso para vivienda social o emergente pero se debe descartar otros rubros como la mano de obra especializada para la instalación y otros aspectos como la producción a baja escala pero se ha logrado un precio muy razonable para este experimento 1.76 USD

4.4.4. Presupuesto comparativo entre ladrillo común y el ladrillo plástico

Tabla 22: Tabla comparación presupuesto ladrillo de arcilla cocida

LADRILLO DE PLASTICO de 37cm x 14 cm x 7cm									
	Unidades en 1m ²	Costo del ladrillo	Adherentes	Recubrimiento	Mano de obra rendimiento por hora = 6 m ²	Transporte	Equipos	Herramientas	valor
N	56	1.76 dólares	no	no	no necesario	Indirecto SI	Englatadora	martillo, piola	total 6 m²
C	98		0	0	2.8		1.2	0.15	102.15

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Tabla 23: Tabla comparación presupuesto ladrillo de plástico

LADRILLO DE ARCILLA COCIDA de 27cm x 14 cm x 7cm										
Unidades en 1 m2	Costo del ladrillo	Adherentes	Recubrimiento material y mano de obra por m2	Mano de obra rendimiento o por hora = 1.7 m2	Transporte	Equipos	Herramientas	valor		
N	40	0.20 ctvs.	mortero	mortero	Maestro especialista Catg. IV	Indirecto SI	mezcladora de trompo	vailejo, martillo, amoladora, paleta, esponja, piolas	total 1 m2	
C	8		4	12,8	2,8		1,2	0,45	29,25	

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

Se tiene un estimado de los dos presupuestos con respecto al tiempo en la instalación de una mampostería en una hora.

- En la instalación tradicional se instaló en una hora 1.7 m2 de mampostería a 29.25 dólares
- Pero en la instalación moderna se instaló en una hora 6 m2 a 102.15 dólares que saldría el metro a 17, 03 dólares el metro
- así que $17,03 < 29,25$ dólares

4.4.5. Discusión de resultados.

En los experimentos “A”, y “B”, las experiencias fueron de mucha expectación y aprendizaje para entender el comportamiento del material usando métodos alternativos, sobre todo, en el correcto uso del material y el correcto de uso de la técnica usada en este proceso que fue paralelo al de extrusión, ya que no se usó una maquina extrusora, se imitó el proceso.

Se utilizó un listón de madera para menear y una olla de aluminio se aplicó calor directo a través de una cocineta industrial se derritió hasta convertirse en masa flexible

Los ladrillos a partir de PEAD no combinados han dado los mejores resultados según las pruebas indicadas anteriormente. El porcentaje de PEAD casi está en el 95% más, menos, las comparaciones con los requisitos exigidos de acuerdo a las normativas presentadas en los cuadros anteriores.

4.4.6. Informe técnico del ladrillo.

Tabla 24:: Ficha técnica.

LADRILLO FABRICADO CON PEAD (polietileno de alta densidad)			
FICHA RESUMEN			
PROPIEDADES		PE 300	PE 500
	Se puede mecanizar, a prueba de choque y resistente al impacto. negro: especialmente para el empleo exterior	estabilizado	Alto peso molecular, alta resistencia al impacto, buenas propiedades de deslizamiento, resistente a la abrasión. color natural
	bajo peso específico		
	ninguna absorción de agua		
	aceptable fisiológicamente		
DATOS TÉCNICOS			
NOMBRE	NORMATIVA	DESCRIPCIÓN	
Descripción general de la pieza		Se trata de un elemento constructivo para casos emergentes para mamposterías exteriores e interiores, prefabricado del tipo liviano.	
Dimensiones		39 cm x 6 cm x 10 cm	
Piezas por metro cuadrado		Considerado en 1 m ² de mampostería se necesitaría 25 unidades por lado dando un total de 50 piezas en los dos lados	
Peso por unidades		1.23 kg	
Comportamiento ante el fuego		NORMAL Inflamable	
Rango de temperatura °C		"-50 + 80"	
Moldeado en caliente		BIEN	BIEN POSIBLE
Densidad g/cm ²	ISO 1183	0,95 -0,94	
Resistencia a la fricción N/mm ²	DIN EN ISO 527	22 -28	
Resistencia al alargamiento %	DIN EN ISO 527	8 , 9	
Alargamiento a la rotura %	DIN EN ISO 527	300 – 350	
Modulo -E Mpa DIN	DIN EN ISO 528	800 -850	
Resistencia al impacto KJ/m ²	DIN EN ISO 179	Sin rotura	
Resistencia al impacto en probeta KJ/m ²	DIN EN ISO 180	12 , 50	
Dureza superficial N/mm ²	DIN EN ISO 2039-1	40 -45	
Conductividad térmica W/m.k	DIN 52612	0,38	
Resistencia a los productos térmicos		alta resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes	

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

CONCLUSIONES

- Al comenzar con el proceso de investigación del proyecto se planteó muchos objetivos ambiciosos, pero se ha cumplido con los objetivos expuestos satisfactoriamente.
- En la recolección de la materia prima es necesario identificar y clasificar correctamente los diferentes tipos de polímeros que existen
- Para este proceso experimental no se pudo usar los equipos y herramientas adecuadas para realizar el proceso industrial correcto
- Al realizar este proceso experimental se pudo fabricar la pieza de ladrillo de polímero PEAD con equipos y herramientas alterativas
- El diseño de este ladrillo de plástico PEAD obtiene las dimensiones y la forma de los ladrillos comunes que existen en el mercado local y no escapar del imaginario de la gente
- El diseño de la pieza tiene proporciones áureas que cumplen con las dimensiones que se acordó entre fabricantes artesanales del sector
- En el diseño se logró que las piezas una con la otra se anclen de manera horizontal y de manera vertical sin necesidad de ningún adherente
- Se logró gracias al diseño fabricar un elemento de una sola pieza fácil de armar como el ladrillo de juguete lego
- El diseño del molde metálico se realizó en dos partes de fácil armado y desarmado con facilidad para extraer la pieza
- El molde metálico fue construido de manera artesanal y no está diseñado para recibir masa extruida a altas presiones
- Al analizar los resultados experimentales, se determinaron que la probeta con el polímero PEAD es la que dio mejores resultados
- Con los resultados de la probeta de PEAD se fabricaron las siguientes piezas de ladrillo
- Las probetas al igual que las piezas de PET y PEAD se encogieron al enfriarse
- Las probetas y ladrillos fabricados de polímero PET se fisuraron en sus dos terceras partes en las secciones más estrechas

- Las probetas y ladrillos de polímero PEAD al enfriarse y encogerse hicieron que se arqueara el molde en los ángulos y dejó de hacerlo hasta que se libera la pieza del molde
- El ladrillo no supero los esfuerzos de compresión comparado con la presión del hormigón
- El ladrillo supero los ensayos de esfuerzos a flexión comparado con el hormigón y ladrillo cerámico
- La mejor opción según los ensayos para realizar este proyecto es el material de polímero PEAD por sus resultados mecánicos.

RECOMENDACIONES

- Para tener un reciclaje óptimo se deberá separar cada polímero según su estructura molecular, o tipo o clase
- Todo el proceso de reciclaje del PET de manera artesanal no es recomendable que se realice en un lugar cerrado por emisiones de gas que desprende el proceso
- Se debería comprobar las piezas hechas con un proceso industrial y las hechas en este proceso experimental y si existe diferencian y cual sería en porcentajes
- Si se utiliza el método artesanal para fabricar el molde se debería tener en cuenta el porcentaje de encogimiento de la maza al enfriarse que es del 4 al 6 % con respecto a toda su masa en el caso de polímero PEAD
- Para lograr mejor resistencia se podría agregar alguna estructura interna
- Se recomienda seguir con el proceso investigativo de este ladrillo en sus propiedades físicas y mecánicas
- Por otra parte, hay dos tipos fundamentales de ensayos a largo plazo: los ensayos de fluencia y los de relajación de esfuerzos. Los ensayos de fluencia consisten en aplicar una carga fija a una muestra y estudiar la deformación resultante en función del tiempo. Por cuestión de tiempo no se realizaron pero que puedan seguirse la investigación
- se recomienda seguir con la investigación y determinar si existe alguna normativa para el uso del PET y PEAD para el uso de la construcción

BIBLIOGRAFÍA

- Afanador, N. (2012). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos, cerámicos para mampostería* . Bogota .
- Alvarado, J. (2015). *Botellas de plástico* . Costa Rica.
- Beltran, M. (2012). *Tecnología de los polimeros* .
- Belzunegui, E. Á. (2015). *la vivienda en la crisis: la promoción del alquiler y el alquiler social desde una perspectiva comparada*. Tarragona: Publicacions URV.
- Benavides, R. (2010). *El lego, la historia tras el éxito* .
- Benitez, J. (2016). *Plan para atención de emergencias*. Bogota.
- Cabezalí, H. M. (2014). *Materiales, herramientas, máquinas y equipos de cofección* . Epaña: Ic editorial .
- Cabildo, M. M., & et al. (Madrid). *Bases Químicas del medio Ambiente*. 2013: Universidad Nacional de Educación a Distancia UNED .
- Calderón, J. (2015). Programas de vivienda social nueva y mercados de suelo urbano en el Perú. *Eure (Santiago) vol. 41, n21, 27-47* Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612015000100002>.
- Cano, A. (2016). *Emergencias y desastres en Ecuador* .
- Carrafa, L. (2016). *Ladrillos de plástico para la construcción* .
- Cerna, R. L. (2015). *Influencia de la adición de polímero reciclados en la absorción de agua en los ladrillo de concreto para construcción, 2014 trujillo- La Libertad*. Trujillo : facultad de Ingeniería Vol.13 N° 1 Pág. 047-054.
- Changzhou, J. (2010). *PET Bottle Washing*. China.
- Correa, H. J., & Cumbe, J. M. (2015). *Normativas y proceso participativos en torno al reciclaje inclusivo en la zona Andina Estudio de caso en Ecuador*. Cuenca: Recuperado de: <file:///D:/Desktop/TESIS%20DANI%20CAVINAGUA/fc1ec40810ed9e58ddb13710cd909c41.pdf>.

- Faber, F. (2009). *PLAN DE NEGOCIOS PARA LA ADQUISICIÓN DE UNA PLANTA MOVIL Y AUTONOMA PARA LA RECUPERACIÓN DE POLIETILENO (PEAD)*. Bogota: Universidad Javeriana .
- Formica, S. M., & Pantaleon, M. J. (2015). *Emergente del sistem. Barrio el Mercadito*. XXXIV Encuentro Arquisur. XIX Congreso: "Ciudades Vulnerables. Proyecto o incertidumbre": Recuperado de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/51719/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1.
- Frias, C., Ize, A., Irina, & Gavilán, A. (2003). *La situación de los envases de plástico en méxico* . México .
- Gaggino, R. (2008). *Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción*.
- Gatani. (2000). *Enciclopedia de Patologías en la construcción* .
- Gavira, A. (2012).
- Gonzalez, A. (2015). *Maquinaria necesaria para el reciclado* .
- Gonzalez, C. (2015). *Eco- ladrillos*.
- Gonzalez, J. (2016). *Construcción en mampostería*.
- INCOSE. (2009). *Sistema Constructivo Steel Framing* . Buenos Aires : Instituto de la construcción en seco.
- López, R. J. (2014). *Transformación de materiales termoplásticos*. Madrid-España: ic editorial.
- Mancini, S. D., & Zanin, M. (1999). *Recyclability of Pet from Virgin Resin* .
- Mariano. (2013). *Polimerización* .
- Mijangos, C., & Serafin Moya, J. (2007). *Nuevos materiales en la sociedad del siglo XXI*. Retrieved from <http://publicaciones.administracion.es>
- Mijares, A. (2013). *Enciclopedia Culturalia*.
- Ministerio del Ambiente, V. y. (2004). *Sector Plasticos - Guías Ambientales* . Bogota.
- Moreno. (2012). *Madera plástica*.

- Mortensen, F. T. (2017, Octubre 17). *La historia de lego* . Retrieved from https://www.lego.com/es-ar/aboutus/lego-group/the_lego_history
- Onrubia, J. d., Maldonado, L., & Fernando, V. C. (2003). *Diccionario de construcción tradicional: tierra* . San Bartolomé: NEREA.
- Ovacen. (2016). *Reciclar plástico* .
- Paredes, M. (2007). *Tecnología del plástico*.
- Patzi, C. G. (2015). *Estudio de un proceso tecnológico para el reciclaje de botellas PET*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de tecnología. Carrera química industrial. Proyecto de grado para obtener el título de Licenciatura en Química Industrial.
- Pedraza, H. (2014). *Modelo del Plan de Negocios* . México .
- Perdomo, M. (2013). *Técnicas de conformados*.
- Pesántez, P. J. (2016). *Arquitectura emergente, diseño de viviendas o refugios provisionales para desastres naturales, utilizando materiales sólidos reciclados*. Universidad Católica de Cuenca, Unidad académica de ingeniería, industrial y construcción. Carrera de Arquitectura y urbanismo. Trabajo de graduación previo a la obtención del título de arquitecto: Recuperado de: <file:///D:/Downloads/RODAS%20C.%20PAUL%20E..pdf>.
- Pin, S. (2016, Abril 19). *Sustent AR Tecnología y Ambiente* . Retrieved Agosto 23, 2017, from Reciclaje de botellas: <http://www.sustentartv.com/reciclan-botellas-para-bolsas-de-abrigo/>
- Placencia, M. (2013). *El estigma en plasticos biodegradables* .
- Riva, R. C. (2010). *Selección de materiales en el diseño de máquinas* . Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL.
- Zahumenszky, C. (2015). *Construcción*.

ANEXOS

1. Entrevistas a empresas recicladoras

Los objetivos de las entrevistas se centrarían para saber la capacidad de receptor la materia prima para poder evaluar la viabilidad del proyecto.

Entrevista personal

Sr. Manuel Bello propietario de la empresa Reipa Ubicada en zona del parque industrial Loja, sector Amable María, av. Salvador Bustamante Celi y Manuel Rengel.

Preguntas:

1.- ¿Cuántas toneladas de plástico al mes y cuantas de esas son PET?

Un total mensual de 30000 kilogramos y de este volumen era un 35% plástico, pero no pudieron estimar solo el valor del PET pero que era el que más se recicla por ser de las botellas que es más fácil de conseguir.

2.- ¿Su empresa procesa el material reciclado PET para ser reutilizado nuevamente?

Su respuesta fue NO porque esta empresa solo recepta empaca y envía a otras empresas receptoras en Guayaquil que realizan todo el proceso para luego ser exportado a otros países.

3.- ¿Cuál es el reciclaje que mayormente ustedes realizan?

Papel y cartón.....35%

Metales.....30%

Vidrio.....0%

Plásticos.....35%

A continuación, en la tabla 24, se presenta información de los puntos de reciclaje de la Provincia y Cantón de Loja.

Tabla 25: Puntos de reciclaje.

EMPRESA	MATERIAL	UNID.	VALOR (\$)	CIUDAD	DIRECCIÓN Y TELÉFONOS	CAP. DE RECICLAJE SEMANAL
MEFUNJAR	Chatarra Aluminio y bronce	kg	11	Loja	La Argelia 2546153	1000-1250
PLASTILOJA	Plástico	Kg	0.22	Loja	18 de Nov. y Celica 2561915	500-600
METALES TAMPA	Aluminio y bronce	Kg	10	Loja	Vía a Cuenca 2570240	700-750
CREBIGO	Fascos de aliño	Unidad	.....	Loja	2540643	100-150
PLASTICOS GERF	Plástico	Kg	0.20	Loja	Mercadillo y J.J. Peña 2575157	350-500
FUNDICIÓN GUAYAQUIL	Chatarra	Kg	7.00	Loja	Cariamanga y Catacocha 2578892	500-750
DECORTEJA	Botellas	Unidad	.....	Catamayo	2667915	150-250
REIPA	Cartón Papel Revistas Chatarra Fundas Plásticos Aluminio Cobre Bronce Baterías	Kg	0.40 0.60 0.07 0.10 0.07 0.10 1.80 0.10 1.80 1.80	Loja, Catamayo y Saraguro	Salvador Bustamante Celi y Manuel Rengel (Sector Amable María, cerca al Colegio Militar pasando el puente, frente a Pavica) 2541704 091052476	1000- 1000 1000 -500 2000 -2000 2000
FUMECSA	Chatarra y bronce	Kg	.....	Loja	Kilómetro 3 vía a la Costa 2578427	500-1000
HIDROTEC	Chatarra y hierro	Kg	.....	Loja	La Argelia 2877831	50 -750
GLASSVIT	Botellas	Unidad	.....	Loja	Kilómetro 1 vía a la Costa 2579798	200
ASOCIACIÓN AUTONOMA 23 DE JUNIO	Papel	Kg	0.08	San Pedro de Vilcabamba	2693180	250-400

Fuente: Celi, F., (2008). Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos para Pequeñas Poblaciones.

Elaboración: Caivinagua Samaniego, Danny Israel

2. Fichas técnicas

Madera Plástica



Madera Plástica Ecuador

Reciclaje Plástico Integral. Fabricamos Productos de Madera Plástica.
Líneas: Urbano, Construcción, Acuicola y Agropecuario, e Industrial.



Ficha Técnica

MADERA PLÁSTICA



Materia prima: plástico reciclado.

Valor agregado: alta resistencia al impacto de uso, larga vida útil mayor a 100 años, no requiere mantenimiento. Producto reciclable y reutilizable.

Salud: Higiénica y fácil de lavar, inmune a plagas, hongos, y bacterias.
Libre de agentes tóxicos, 100% eco-amigable, no produce alergias.

Seguridad: Impermeable, aislante eléctrica, acústica, y térmica.
Antideslizante, alta resistencia salina y bioquímica.
No se pudre, agrieta, hincha, deforma, combustión retardada
Temperatura ambiental tolerada entre -20 °C a 70 °C. Punto de reblandecimiento 130 °C.
Elongación para ruptura 800%. Esfuerzo a tensión 3300 psi.
Excelente resistencia de tracción, flexión 250 MPa, y compresión 350 MPa.

Duración: Alta resistencia al impacto de uso, vida útil mayor a 100 años.
No requiere mantenimiento, barnices, pinturas, aceites, o cera.
Ideal para zonas húmedas y ambientes de exterior.

Manipulación: Se puede cortar, taladrar, atornillar, cepillar, torneear, y más.
Ensamblaje con pernos y tornillos autorroscantes.



Madera Plástica Ecuador

Reciclaje Plástico Integral. Fabricamos Productos de Madera Plástica.
Líneas: Urbano, Construcción, Acuícola y Agropecuario, e Industrial.

Tabla de dimensiones

MADERA PLÁSTICA

#	Producto	Dimensiones (cm)		
		ancho	espesor	largo
1	TABLA	9	2	200
2	CUARTÓN	7	3	300
3	CUARTÓN	8	3	300
4	CUARTÓN	9	4	300
5	TABLA	10	2	200
6	TABLA	12	4	300
7	TABLA	14	2	240
8	TABLA	14	3	240
9	TABLÓN	14	6	300
10	TABLÓN	16	4	300
11	TABLÓN	21	4	250
12	POSTE	5	5	200
13	POSTE	9	9	300
14	POSTE	10	10	300
15	POSTE	11	11	300
16	POSTE	13	13	300
17	POSTE		∅ 4	250
18	POSTE		∅ 5	290
19	POSTE		∅ 9	290

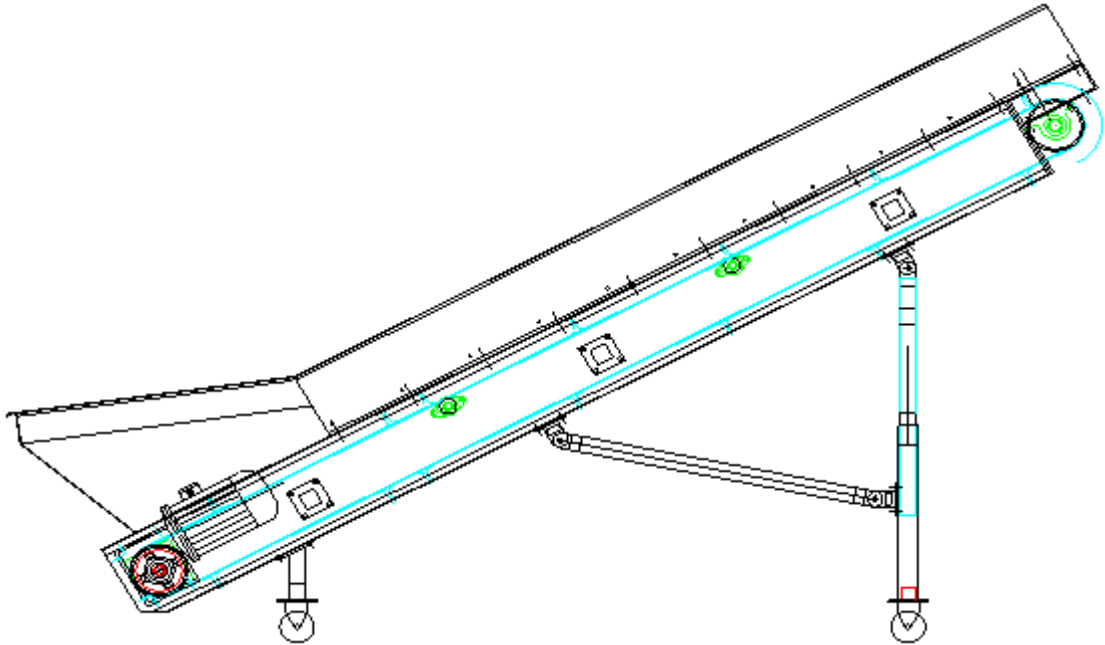


Precius plastic

Temperatura de fundido de los polímeros

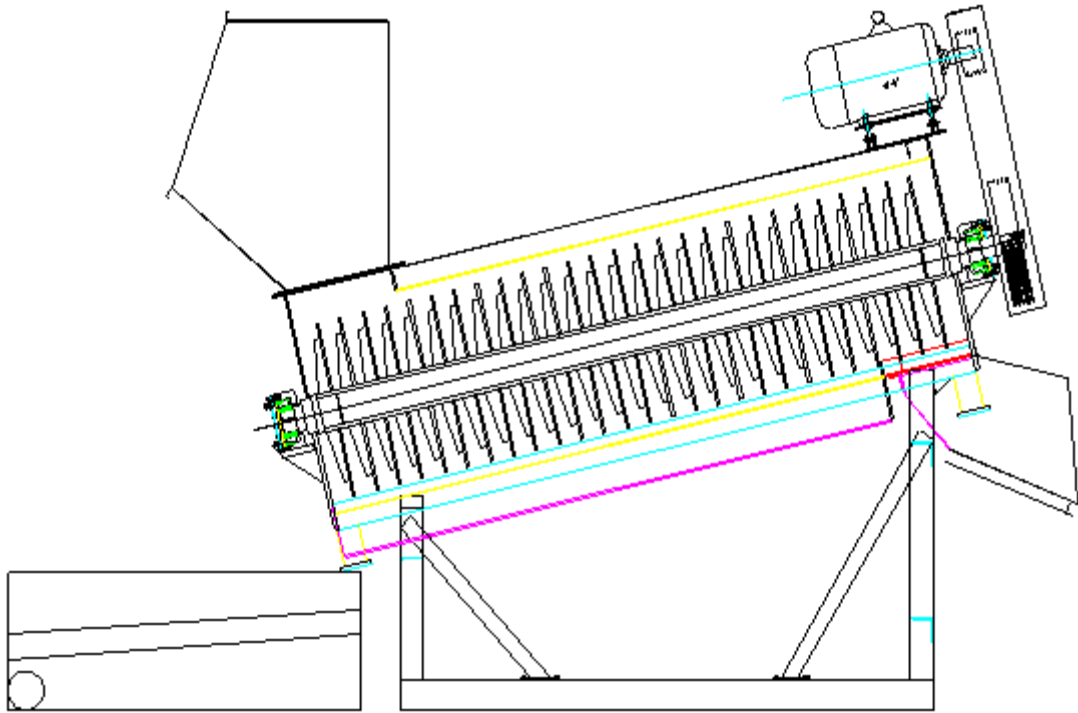


3. Maquinaria necesaria y sus elementos



2. Label remover

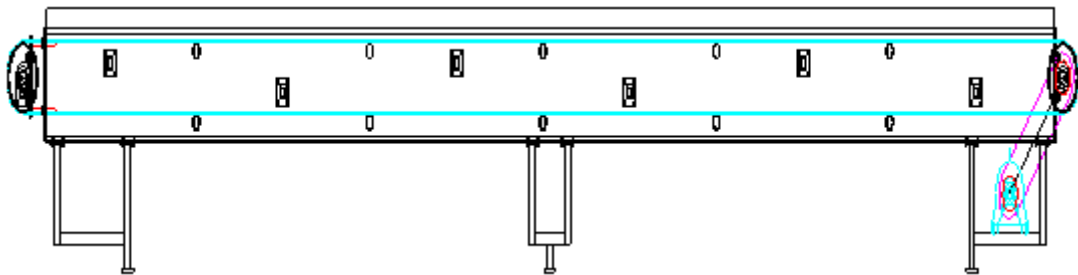
1. Motor power: 18.5kw+5.5kw (water pump)
 2. Rotary speed: ≥ 450 rpm
 3. Label removing percentage: $\geq 95\%$
 4. Use water manner: recycling water
 5. Capacity: 600kg/h
 6. Raw material: carbon steel
 7. Size: 5000×1800 ×3400 mm (L×W×H)
 8. Weight: 3000kg
- Label mover can get rid of labels, caps of bottles.



3. Belt for checking and separating bottles

1. Effective transportation length: 8000mm
2. Motor power: 2.2kw
3. Belt width: 800mm
4. Transportation capacity: 0-1000kg/h
5. Raw material of belt: PVC belt
6. Size: 8300× 900 ×1000 mm (L×W×H)
7. Weight: 1000kg

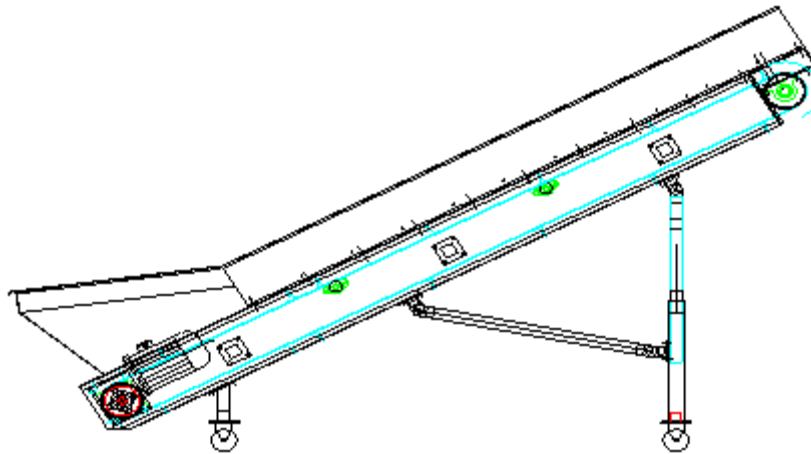
Workers can stand by platform and choose bottles color.



4. Belt conveyor

1. Effective transportation length: 4500mm
2. Motor power: 1.5kw
3. Belt width: 600mm
4. Adjusting speed range: 0-3m/s
5. Raw material of belt: PVC belt
6. Transportation capacity: 0-1000kg/h
7. Size: 4600×750×3000 mm (L×W×H)
8. Weight: 550kg

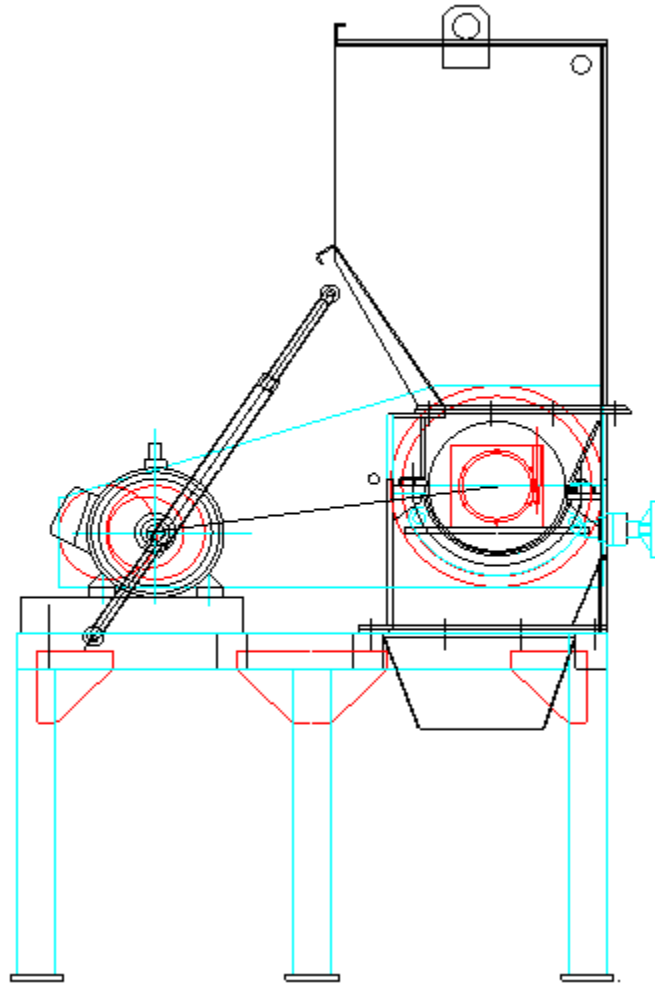
Belt conveyor brings PET bottles to crusher.



5. SWP800 crusher

1. Motor power: 30kw
2. Forced feeding motor: 1.5kw
2. Capacity: 600kg/h
3. Fixed blade: 4pieces
4. Rotary blade: 6pieces
5. Rotary diameter of blade axle: 400mm
6. Length of blade axle: 800mm
7. Mesh diameter: 10mm or 16mm or 18mm (free choosing)
8. Blade material: W18
9. Crushing method: crushing with water
10. Size: 2000×1800×2800mm (L×W×H)
11. Weight: 1800kg

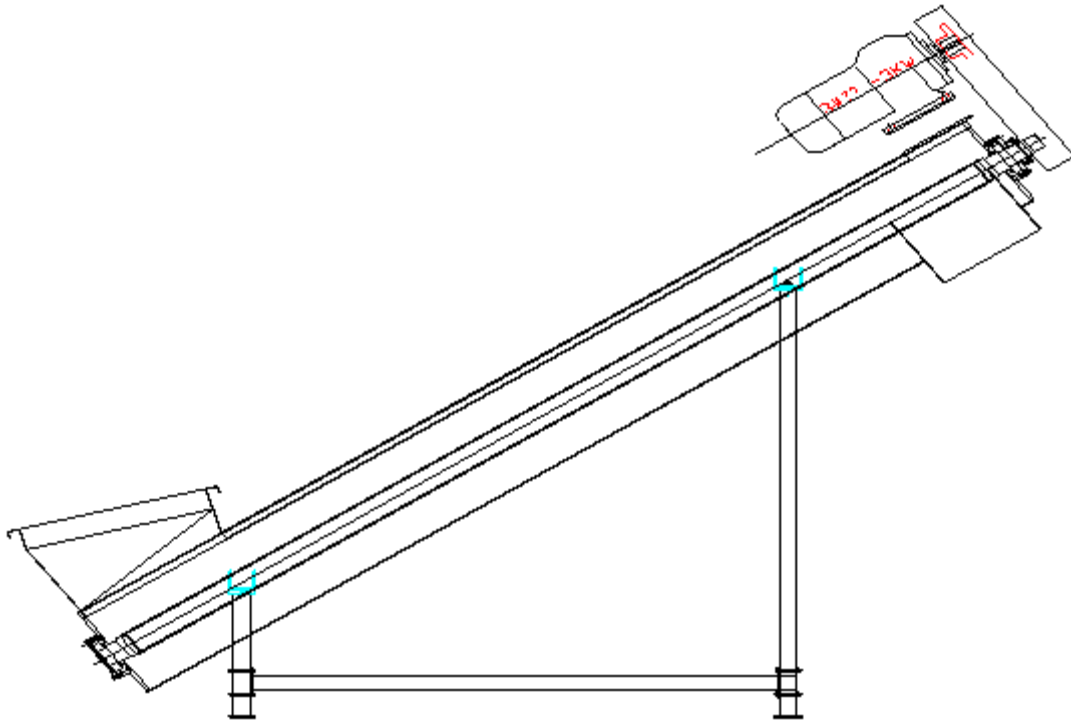
Crusher cut PET bottles to PET flakes, PET flakes size can be controlled.



6. Screw feeding system

1. Effective length: 5000mm
2. Screw diameter: 300mm
3. Motor power: 3kw
4. Capacity: 0-1000kg/h
5. Size: 5000×550× 3500 mm (L×W×H)
6. Weight: 800kg

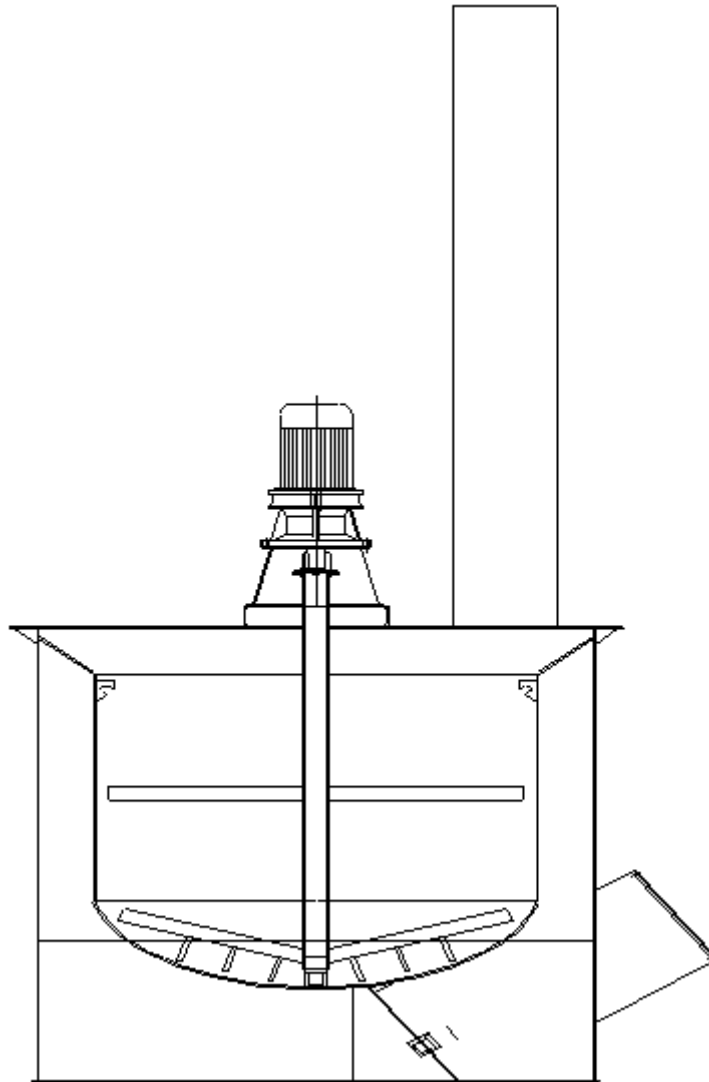
Remark: contact with water is stainless steel
Bringing PET flakes to steam washer and wash flakes.



7. ST500 steam washer

1. Cylinder diameter: 1800mm
2. Motor power of whisking: 7.5kw
3. Capacity: 500kg/h-600kg/h
4. Heating manner: steam
5. Size: 2000× 1800×2000 mm(L×W×H)
6. Weight: 2000kg

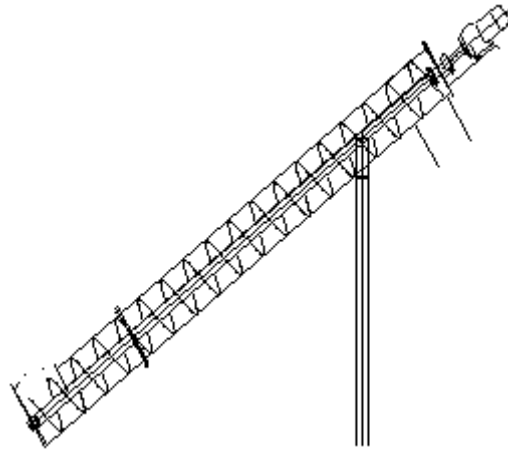
Remark: contact with water is stainless steel
PET flakes are washed by hot water on steam washer



8. Screw feeding system

1. Effective length: 5000mm
2. Screw diameter: 300mm
3. Motor power: 3kw
4. Capacity: 0-1000kg
5. Size: 5000×500× 3300 mm (L×W×H)
6. Weight: 950kg

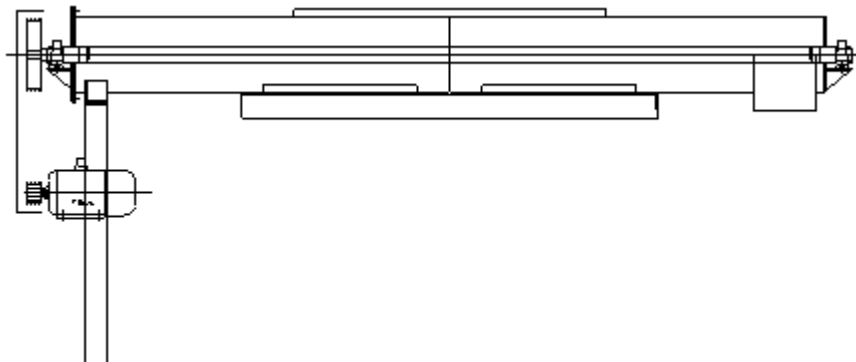
Remark: contact with water is stainless steel
Bringing PET flakes to horizontal washer and wash flakes.



9.360 horizontal washer

1. Effective length: 3600mm
2. Motor power: 7.5kw
3. Screw rotary speed: 450rpm
4. Size: 4100×1200× 2200 mm (L×W×H)
5. Weight: 950kg

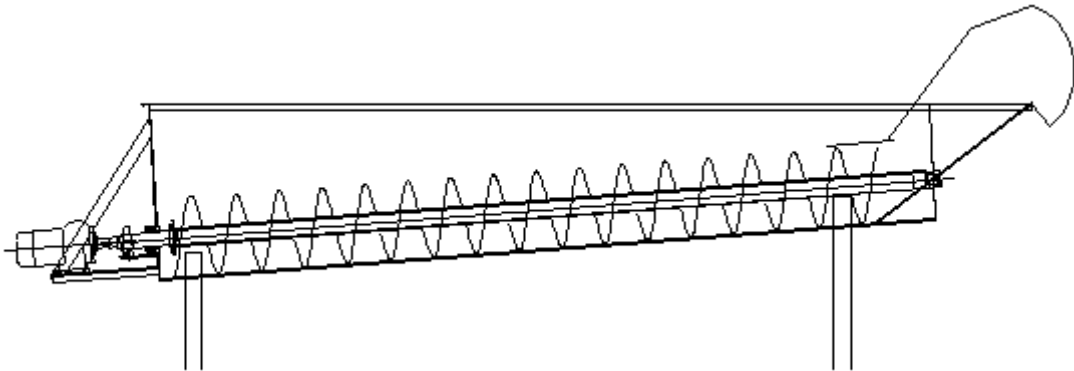
Remark: contact with water is stainless steel
Friction and washing PET flakes.



10. 400 single screw floating washer (two set)

1. Effective length: 4500mm
2. Screw diameter: 400mm
3. Screw quantity: 1
4. Screw rotary speed: 25rpm
5. Motor power: 3kw
6. Size: 5200×1100×1700 mm (L×W×H)
7. Weight: 1500kg

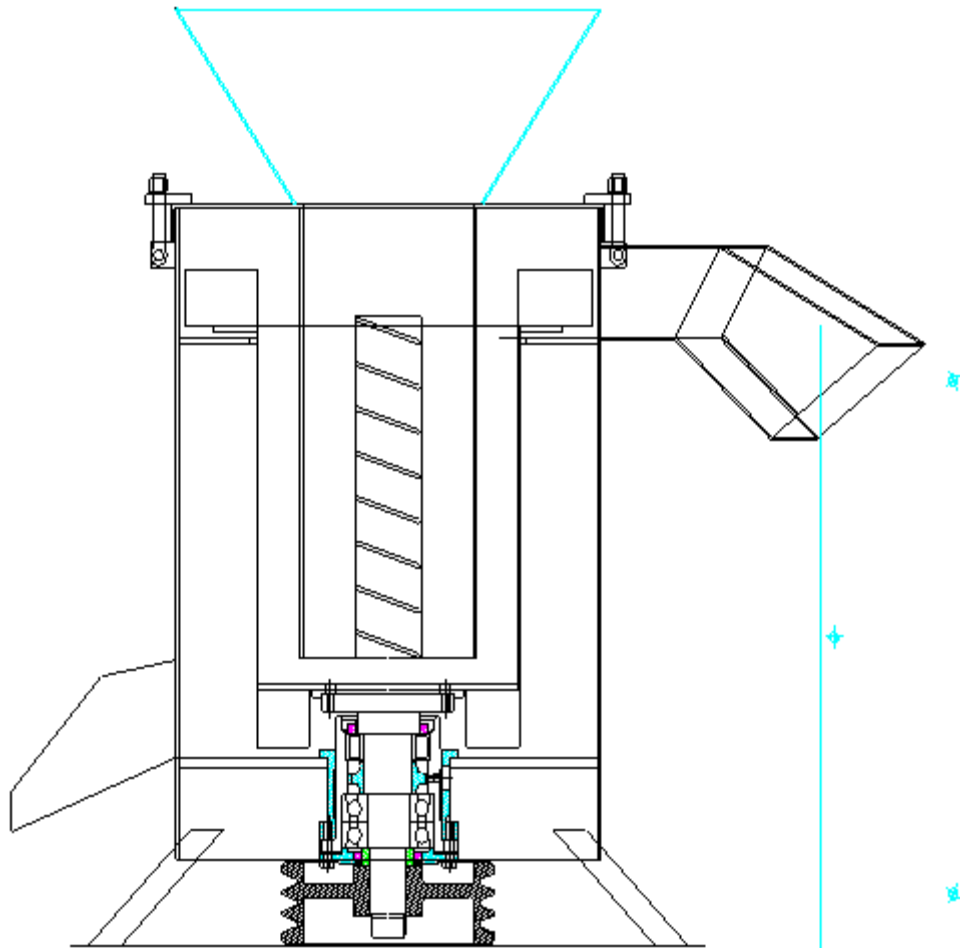
Remark: contact with water is stainless steel
Washing PET flakes.



11. Dewatering machine

1. Motor power: 7.5kw
2. Capacity: 600kg/h
3. Motor around speed: 1000r/min
4. Getting rid of water of flakes: >97%
5. Draining on the bottom
6. Size: 1500×1500× 1600mm(L×W×H)
7. Weight: 600kg

Remark: contact with water is stainless steel
Getting of water of PET flakes.



12. Heater box

1. Heater power: 24kw
2. Finished flakes water content: <1%

Heating box products heat.

13. Blower machine

1. Blower machine motor power: 7.5kw
- Blower brings hot air and PET flakes to pipe.

14. Pipe transport system

1. Diameter of pipe: 159mm
2. Length of pipe: 18m

stainless steel

15. Storage hopper

1. Diameter of storage: 800mm
2. Height: 3000mm
3. Cubage: 1.5 m³

stainless steel

16. Electric component

1. Electric elements: DELIXI
2. Frequency controller

