

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR UTILIZANDO  
PLÁSTICO RECICLADO, EN LA TABLADA EN EL DISTRITO DE  
VILLA MARIA DEL TRIUNFO**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. BEDÓN LÓPEZ, LUIS GUSTAVO JUNIOR**

**Bach. FLORES QUISPE, REYSER LEDVIR**

**ASESOR: DR. SUELDO MESONES, JAIME**

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi madre, Carmen y mis hermanos Diego y Kevin, mis tías Angelica, Emilia e Irene, mis abuelas Amanda y Rosa, mis familiares y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de este camino que falta mucho por recorrer.

Luis Gustavo Junior Bedón López

Dedico esta tesis a mí por el consejo brindado, apoyo y conocimientos a lo largo de este camino que falta por recorrer.

Reyser Ledvir Flores Quispe

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a nuestros padres y familiares con su incondicional apoyo en toda nuestra etapa de pregrado; y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes, familiares y amigos.

Luis Gustavo y Reyser Flores

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	iii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	1
1.1 Descripción y Formulación del Problema General y Específico .....	1
1.1.1 Problema General .....	13
1.1.2 Problema Específico .....	13
1.2 Objetivos .....	14
1.2.1 Objetivo General .....	14
1.2.2 Objetivos Específicos .....	14
1.3 Delimitación de la Investigación: Temporal Espacial y Temática .....	14
1.4 Justificación e Importancia .....	15
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	16
2.1 Antecedentes del Estudio de Investigación .....	16
2.1.1 Investigaciones Nacionales .....	16
2.1.2 Investigaciones Internacionales .....	19
2.2 Bases Teóricas .....	21
2.2.1 Tecnologías de la Construcción .....	21
2.2.1.1 Plásticos .....	21
2.2.1.2 Polietileno Tereftalato (PET) .....	25
2.2.1.3. Ladrillos .....	33
2.2.1.4 Vivienda .....	40
2.2.2 Desarrollo Sostenible .....	43
2.2.2.1 El Ladrillo PET .....	43
2.2.3 Construcción Sostenible .....	57
2.2.3.1 Construcción Sostenible con Ladrillos PET .....	58
2.2.3.2 Climograma de Givoni .....	58
2.2.3.3 Estrategias Bioambientales .....	60
2.2.3.4 Asolamiento .....	63

2.2.3.5 Definidores climáticos.....	64
2.3 Definición de términos.....	66
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>67</b>
3.1 Tipo y Nivel.....	67
3.1.1 Tipo.....	67
3.1.2 Nivel o alcance .....	67
3.2 Diseño de Investigación.....	67
3.2.1 Diseño .....	67
3.3 Población y Muestra .....	67
3.3.1 Población de estudio .....	67
3.3.2 Diseño Muestral.....	68
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.....	68
<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>69</b>
4.1 Características generales.....	69
4.1.1 Ubicación del desarrollo del caso .....	69
4.1.2 Microclima en la zona .....	70
4.1.3 Dosificación del ladrillo PET .....	72
4.2 Diseño de la vivienda ecológicas.....	73
4.2.1 Diseño Arquitectónico .....	73
4.2.1.1 Distribución de la vivienda .....	74
4.2.1.2 Detalle de acabados.....	74
4.2.1 Diseño Estructural .....	76
4.2.2 Características de los Materiales .....	76
4.2.3 Dimensionamiento de las vigas y columnas .....	76
4.3 Fabricación artesanal de ladrillos PET .....	94
4.3.1 Proceso de elaboración de ladrillos PET .....	94
4.3.2 Proceso de fraguado y curado.....	100
4.3.3 Costo del ladrillo PET .....	101
4.4 Ensayos de laboratorio.....	101
4.4.1 Variación dimensional de los ladrillos .....	101
4.4.1.1 Procedimiento.....	101
4.4.1.2 Toma de datos .....	102

4.4.1.3 Procedimientos de análisis de datos .....	104
4.4.2 Ensayo de alabeo .....	110
4.4.2.1 Procedimiento.....	110
4.4.2.2 Toma de datos .....	111
4.4.2.3 Procedimientos de análisis de datos .....	113
4.4.3 Ensayo de densidad.....	116
4.4.3.1 Procedimiento.....	116
4.4.3.2 Toma de datos .....	117
4.4.3.3 Procedimientos de análisis de datos .....	118
4.4.4 Ensayo de absorción .....	122
4.4.4.1 Procedimiento.....	122
4.4.4.2 Toma de datos .....	124
4.4.4.3 Procedimientos de análisis de datos .....	126
4.4.5 Ensayo de resistencia a la compresión.....	128
4.4.5.1 Procedimiento.....	128
4.4.5.2 Toma de datos .....	131
4.4.5.3 Procedimientos de análisis de datos .....	132
4.5 Presentación de resultados .....	135
4.5.1 Variación dimensional .....	135
4.5.2 Alabeo.....	136
4.5.3 Densidad .....	136
4.5.4 Absorción.....	136
4.5.5 Resistencia a la compresión.....	137
4.5.6 Cantidad y costo de ladrillos.....	138
4.5.7 Análisis del modelamiento en el software ETABS .....	140
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>142</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>143</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>149</b>
Anexo 1: TERMOMETRO IR FLUKE 62 MAX .....	149
Anexo 2: CATÁLOGO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO .....	152

Anexo 3: Cobertura de Aluzinc .....	154
Anexo 4: Maquina Trituradora PET .....	155
Anexo 5: Teja Continua de TUPEMESA .....	156

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Generación de contaminantes según la etapa de proceso de producción de ladrillos artesanales .....	20
Tabla 2 : Instalaciones de Disposición final de rellenos a nivel nacional. ....	22
Tabla 3 : Instalaciones de Disposición final de residuos peligrosos a nivel nacional .....	22
Tabla 4 : Residuos sólidos domiciliarios generados en la provincia de Lima, según distrito 2011-2019 .....	24
Tabla 5 : Códigos, propiedades y usos de los plásticos .....	37
Tabla 6 : Propiedades del PET.....	41
Tabla 7 : Propiedades físicas Politereftalato de Etileno .....	42
Tabla 8 : Principios que sustentan el reciclaje .....	46
Tabla 9 : Reciclaje en la construcción .....	47
Tabla 10 : Estrategias bioambientales en verano y en invierno.....	75
Tabla 11 : Estrategias bioambientales, Clima cálido húmedo .....	76
Tabla 12 : Temperatura y renovación de aire en invierno .....	79
Tabla 13 : Temperatura y humedad para el verano .....	80
Tabla 14 : Costos y tiempos de fabricación de ladrillos PET y arena gruesa.....	114
Tabla 15 : Ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=100%-%A.Gr=0% .....	115
Tabla 16 : Ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=80%-%A.Gr=20% .....	116
Tabla 17 : Ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=67%-A.Gr=33%.....	116
Tabla 18 : Resultados del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=100%- %A.Gr=0% para largo .....	117
Tabla 19 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación %PET=100% - %A. Gr.= 0% para ancho .....	118
Tabla 20 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación%PET=100% - %A. Gr.= 0% para altura.....	118
Tabla 21 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=80% - %A. Gr.= 20% para largo.....	119
Tabla 22 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=80% - %A. Gr.= 20% para ancho .....	119



Tabla 23 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=80% - %A. Gr.= 20% para alto.....	119
Tabla 24 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33% para largo.....	120
Tabla 25 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33% para ancho. ....	121
Tabla 26 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33% para alto.....	121
Tabla 27 : Variación dimensional promedio en milímetros .....	122
Tabla 28 : Variación dimensional promedio en milímetros .....	122
Tabla 29 : Ensayo de Alabeo, dosificación: % PET=100% - % A.Gr.= 0% .....	124
Tabla 30 : Ensayo de Alabeo, dosificación: % PET=80% - % A.Gr.= 20% .....	125
Tabla 31 : Ensayo de Alabeo, dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33% .....	125
Tabla 32 : Resultado del ensayo de Alabeo, dosificación: PET=100% - %A. Gr.= 0% ....	127
Tabla 33 : Resultado del ensayo de Alabeo, dosificación: %PET= 80% - %A. Gr.= 20%	127
Tabla 34 : Resultado del ensayo de Alabeo, dosificación: %PET = 67% - %A. Gr.= 33% .....	127
Tabla 35 : Alabeo promedio en milímetros .....	128
Tabla 36 : Ensayo de densidad, dosificación: % PET=100% - % A.Gr.= 0% .....	131
Tabla 37 : Ensayo de densidad, dosificación: % PET=80% - % A.Gr.= 20% .....	131
Tabla 38 : Ensayo de densidad, dosificación: %PET=67% - %A. Gr.=33% .....	131
Tabla 39 : Resultado del ensayo de Densidad, dosificación: %PET=100% - %A. Gr.= 0% .....	133
Tabla 40 : Resultado del ensayo de Densidad, dosificación: %PET=80% - %A. Gr.=20% .....	134
Tabla 41 : Resultado del ensayo de Densidad, dosificación: %PET=67% - %A. Gr.=33% .....	134
Tabla 42 : Peso y Densidad promedio en milímetros .....	135
Tabla 43 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=100% - % A.Gr.= 0% .....	138
Tabla 44 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=80% - %A. Gr.= 20% .....	138
Tabla 45 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=80% - %A. Gr.= 20% .....	139

Tabla 46 : Resultado del ensayo de absorción, dosificación: %PET=100% - %A. Gr.= 0%	140
Tabla 47 : Resultado del ensayo de absorción, dosificación: %PET=80% - %A. Gr.= 20%	140
Tabla 48 : Resultado del ensayo de absorción, dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33%	141
Tabla 49 : Absorción promedio en porcentaje	141
Tabla 50 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=100% - % A.Gr.= 0%	144
Tabla 51 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=80% - %A. Gr.= 20%	145
Tabla 52 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=67% - %A. Gr.= 33%	145
Tabla 53 : Resultado del ensayo de resistencia a la compresión, dosificación: %PET=100% - %A. Gr.= 0%	146
Tabla 54 : Resultado del ensayo de resistencia a la compresión, dosificación: %PET=80% - %A. Gr.= 20%	146
Tabla 55 : Resultado del ensayo de resistencia a la compresión, dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33%	147
Tabla 56 : Resistencia promedio	148
Tabla 57 : Variación dimensional promedio en porcentaje	148
Tabla 58 : Variación dimensional promedio en milímetros	149
Tabla 59 : Alabeo promedio en milímetros	150
Tabla 60 : Peso y Densidad promedio en milímetros	150
Tabla 61 : Absorción promedio en porcentaje	151
Tabla 62 : Resistencia promedio	151
Tabla 63 : Cálculo del metrado de muros (m <sup>2</sup> )	153
Tabla 64 : Cálculo de ladrillos PET totales en soles (S/)	154
Tabla 65 : Cálculo de ladrillos PET y ladrillos tradicionales totales en soles (S/)	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Fábricas en Dacca.....	15
Figura 2 : Reciclaje en el mundo .....	16
Figura 3 : Dimensión de residuos y reciclaje en Latino América.....	17
Figura 4 : Hornos para ladrillos en Huertos-Jauja (2017) .....	19
Figura 5 : Acopio de basura en la Av. Pachacútec frente al Terminal Pesquero.....	24
Figura 6 : Formación de lomas costeras .....	25
Figura 7 : Temperatura en Lima .....	26
Figura 8 : Coca-Cola, la empresa que más contamina con sus plásticos.....	39
Figura 9 : El proceso de metanólisis.....	43
Figura 10 : Reciclado mecánico.....	44
Figura 11 : Máquina trituradora.....	58
Figura 12 : Proceso de compactación de los ladrillos PET.....	58
Figura 13 : Lubricación del Piso para evitar adherencia de los ladrillos .....	60
Figura 14 : Máquina que compacta la mezcla .....	60
Figura 15 : Curado y fraguado de los ladrillos de plástico reciclado .....	61
Figura 16 : Ladrillos con detalles longitudinales.....	62
Figura 17 : Ladrillos huecos .....	63
Figura 18 : Forma y textura de los ladrillos PET.....	64
Figura 19 : Gráfico comparativo de diversos elementos constructivos .....	65
Figura 20 : Resistencia acústica en varios tipos de ladrillos.....	66
Figura 21 : Conductividad térmica de los elementos constructivos. ....	68
Figura 22 : Absorción de agua en elementos constructivos.....	69
Figura 23 : Diagrama de Givoni .....	72
Figura 24 : Gráfico de síntesis del diagrama de Givoni .....	73
Figura 25 : Mapa de ubicación de Tablada.....	82
Figura 26 : El invierno en Ticlio Chico. ....	83
Figura 27 : Mapa de vientos en Lima .....	84
Figura 28 : Detalle arquitectónico .....	85
Figura 29 : Revestimiento de muro.....	86
Figura 30 : Aislación térmica con poliestireno expandido .....	87

Figura 31 : Instalación de burletes para propuestas y ventanas .....	88
Figura 32 : Dimensionamiento de las Columnas .....	89
Figura 33 : Dimensionamiento de las Columnas .....	90
Figura 34 : Ingreso de las propiedades del acero .....	91
Figura 35 : Ingreso de las propiedades del concreto .....	92
Figura 36 : Ingreso de las propiedades de albañilería .....	93
Figura 37 : Ingreso de las propiedades de albañilería .....	94
Figura 38 : Ingreso de los parámetros sísmicos – Cortante basal .....	95
Figura 39 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje 1-1 .....	96
Figura 40 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje 2-2 .....	97
Figura 41 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje 3-3 .....	98
Figura 42 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje 4-4 .....	99
Figura 43 : Diagrama de momentos en el eje 1-1 .....	100
Figura 44 : Diagrama de momentos en el eje 2-2 .....	101
Figura 45 : Diagrama de momentos en el eje 3-3 .....	102
Figura 46 : Diagrama de momentos en el eje 4-4 .....	103
Figura 47 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje C-C .....	104
Figura 48 : Diagrama de Momento Flector .....	105
Figura 49 : Encendido de fragua .....	106
Figura 50 : Medición de la temperatura .....	107
Figura 51 : Vertido del PET para la mezcla .....	107
Figura 52 : Medición de temperatura previa al moldeado .....	108
Figura 53 : PET y arena gruesa en molde .....	109
Figura 54 : Enrase del PET y arena gruesa en el molde .....	109
Figura 55 : PET y arena gruesa en distintas dosificaciones .....	110
Figura 56 : Medición de temperatura antes de desmoldar .....	111
Figura 57 : Ladrillo PET frío antes de desmoldar .....	111
Figura 58 : Ladrillo PET desmoldado antes de tiempo .....	112
Figura 59 : Ensayo de variación dimensional .....	114
Figura 60 : Herramientas para ensayo de alabeo .....	122
Figura 61 : Ensayo de alabeo .....	123

Figura 62 : Herramientas para ensayo de densidad .....	128
Figura 63 : Medición de peso para densidad .....	129
Figura 64 : Dimensiones del ladrillo PET .....	132
Figura 65 : Ensayo de absorción.....	135
Figura 66 : Pozo de agua.....	136
Figura 67 : Secado del ladrillo.....	136
Figura 68 : Placas de metal para ensayo de resistencia a compresión.....	141
Figura 69 : Ensayo de resistencia a compresión .....	142
Figura 70 : Prueba de resistencia a compresión de ladrillo PET .....	142
Figura 71 : Ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% .....	143
Figura 72 : Desplazamientos en los ejes X-X e Y-Y.....	155

## **RESUMEN**

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar una vivienda unifamiliar con ladrillos de plástico reciclado, para así promover el reciclaje de este residuo en el sector construcción e impulsar el uso de los ladrillos PET para la elaboración de viviendas en lugares con bajas temperaturas como por ejemplo en la zona de Tablada de Lurín, ya que esta zona se encuentra cerca al mar y tiene una altura promedio de 260 m.s.n.m tiene un clima húmedo en gran parte del año y este tipo de ladrillo sería muy adecuado para esta zona.

Además, se realizaron ensayos de laboratorio para los ladrillos PET, así como también evaluaciones estructurales con el uso del ladrillo PET arrojando resultados acordes a las Normas Técnicas Peruanas. Finalmente, realizó una comparación de costos del ladrillo PET y de un ladrillo convencional con lo que concluimos que es recomendable el uso de este ladrillo con material reciclado para viviendas unifamiliares ya que su precio es menor al de un ladrillo comercial además este tipo de ladrillo es recomendado para zonas de bajas temperaturas por tener una propiedad de aislante térmico y si a este le adicionamos un techo cubierto de Poliestireno expandido, la vivienda conservará mucho mejor su temperatura y así se reducirá el gran problema de la zona que son problemas respiratorios en menores de edad y personal de la tercera edad.

Palabras claves: Ladrillos, PET, vivienda, temperatura y reciclaje.

## **ABSTRACT**

The objective of this research work was to design a single-family house with recycled plastic bricks, in order to promote the recycling of this waste in the construction sector and promote the use of PET bricks for the realization of houses in places with low temperatures, such as in the Tablada de Lurín area, since this area is close to the sea and has an average height of 260 meters above sea level, it has a humid climate for much of the year and this brick would be very suitable for this area.

In addition, laboratory tests were carried out for PET bricks, as well as structural evaluations with the use of PET bricks, yielding results in accordance with the Peruvian Technical Standards. Finally, we make a cost comparison of the PET brick and a conventional brick with which we conclude that it is advisable to use this brick with recycled material for single-family homes since its price is lower than that of a commercial brick, and this type of brick is recommended for areas with low temperatures due to its thermal insulation property and if we add a roof covered with expanded polystyrene to this, the house will conserve its temperature much better and thus the great problem in the area will be reduced, which are respiratory problems in children under age and senior staff.

Keywords: Bricks, PET, housing, temperature and recycling.

## INTRODUCCIÓN

El planeta tierra se ve afectado debido a que en las últimas décadas se incrementó la cantidad de residuos y emisiones que produce el ser humano. Lo que ocasionó muchos perjuicios para todos. Uno de los principales contaminantes, son los derivados del petróleo, debido a que se producen en gran cantidad y son muy económicos. El más comercial es el plástico PET. Que viene siendo usado en envases de un sinnúmero de productos (el PET se demora en descomponerse entre 100 a mil años). Estos no se reciclan adecuadamente y más aún en los países de Latinoamérica, en donde no hay una gran cultura de reciclaje. Es por ello, que los recicladores son en su mayoría informales. Y ya que no hay mucho reciclaje todo el excedente que no se recicla va a pasar a los vertederos. Y en el peor de los casos hacia el mar, lo cual genera problemas para toda la flora y fauna marina.

Otro de los principales contaminantes son las fábricas de ladrillos de arcilla, debido a que para realizar su fabricación se necesitan utilizar hornos a altas temperaturas para realizar una cocción adecuada, pero los materiales que se utilizan para realizar este tipo de combustión son altamente contaminantes, tal es el caso de la quema de llantas y plásticos para que así puedan funcionar los hornos. Y sumado a esto, se usa la arcilla, que es un material que se demora cientos o miles de años en recomponerse. Lugares como Bangladesh son de los países más contaminados del mundo, debido a la gran cantidad de fábricas de ladrillos, las cuales contaminan el medio ambiente. Sumado a esto el país cuenta con 7 000 fábricas. Lo cual representa el 1% de su producto bruto interno. Esta situación en menor medida se produce en Perú donde hay bastantes plantas de fabricación de ladrillos muy precarias, las cuales utilizan cualquier tipo de material que genere combustión sin importarles que alrededor viven varias familias que sufren problemas pulmonares debido al humo inhalado.

La investigación llevada a cabo junta estos dos grandes problemas ambientales que hay y busca realizar un ladrillo que utilizamos el PET como uno de sus elementos, para así poder minimizar la contaminación ambiental. Se realizaron descubrimientos interesantes con respecto a estos ladrillos, específicamente con las propiedades que cuentan que lo hacen más económicos, más ligeros, con mayor resistencia a la compresión y con alta conductividad térmica. Es por ello que se busca orientar en la zona de Tablada en el Distrito de Villa María



del Triunfo, debido a que es una zona que cuenta con temperaturas muy bajas, es por ello que se le conoce como Ticlio Chico.

Antes de realizar cualquier tipo de vivienda se debe considerar aspectos para que la vivienda no consuma muchos recursos, y que en temporadas de altas o bajas grados centígrados, la temperatura ambiente sea la ideal. Una vez realizado un buen diseño arquitectónico considerando todas las variables mencionadas, se iniciará con los planos estructurales. El diseño estructural se diseñó con la ayuda del software ETABS para poder sacar la cantidad de acero adecuada y si las vigas, así como también las columnas en conjunto con los muros de ladrillo PET podrían resistir. Tantos eventos sísmicos o soportar su propio peso.

En el Capítulo I se presenta el planteamiento y delimitación del problema, se plantea como objetivo general diseñar una vivienda unifamiliar usando ladrillos de plástico reciclado para la zona de Tablada en el distrito de Villa María del Triunfo. Adicionalmente se aborda la delimitación, justificación, importancia y limitaciones de la investigación.

En el Capítulo II se presenta información que sirve de base teórica para la justificación del presente estudio, investigaciones nacionales e internacionales, estudios realizados por diversas organizaciones o estudiantes sobre el ladrillo de plástico reciclado, así como las respectivas normativas nacionales e internacionales que vinculan las variables de nuestra investigación.

En el Capítulo III se describe la metodología de la investigación, tipo, enfoque y diseño, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el Capítulo IV se realiza el diseño arquitectónico y estructural de la vivienda unifamiliar, así como el análisis sismo resistente respectivo, por otro lado, se presenta el costo, plazo e impacto ambiental generado en comparación con una vivienda tradicional, para posteriormente proceder al análisis de los resultados obtenidos.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción y Formulación del Problema General y Específico**

En la actualidad hay un gran acopio de residuos sólidos, en particular los derivados del petróleo como el plástico Polietileno Tereftalato que se consumen de forma masiva y tiene la característica de no degradarse de forma sencilla (para entrar en contexto una botella de plástico tarda en descomponerse alrededor de 450 años expuestos a los rayos UV del Sol y alrededor de 1 000 años estando en algún sustrato), perjudicando al ambiente. Estos desperdicios ocasionan una gigantesca inquietud en la población, debido a que no se les da un uso adecuado a los residuos, se conoce que hay una gran cantidad de recicladores que se encargan de darle un nuevo uso a los desperdicios, sin embargo, la labor que realizan no es suficiente para acabar con los perjuicios provocados al medio ambiente.

Según la información estadística del Banco Mundial (2017), en Latinoamérica se crean diariamente cerca de 430,000 toneladas de residuos (entre residuos orgánicos e inorgánicos). O sea, cada latinoamericano genera aproximadamente entre uno y 14 kg (2.2 y 31 libras) de basura al día. De los cuales muy poco porcentaje se recicla. Otro análisis del Banco Interamericano de Desarrollo (2017) nos pone en evidencia que en el sector no se recicla ni siquiera un 2 por ciento del total de desechos. Si los residuos se separan correctamente antes de acabar en el depósito de residuos, se conseguiría reciclar los residuos cercanos al 92 %. Ahora bien, si los residuos se mezclan, solo se podrá reciclar un porcentaje relativamente bajo cerca al 30%.

Bangladesh es uno de los países más contaminados del mundo, tanto la atmósfera y ríos. Pero la mayor fuente de contaminación de la atmósfera se da por las abundantes fábricas de ladrillos que abarcan gran parte de la capital Dacca, como se observa en la Figura N°1. Según datos de la Asociación de Fabricantes de Ladrillos de Bangladesh (2020), el país cuenta con 7.000 fábricas con más de un millón de individuos fabricando alrededor de 23.000 millones de ladrillos al año. Lo cual en su conjunto contribuye al 1% del PBI del país. El barro con el que se fabrican los

ladrillos se extrae de los márgenes del río lo cual hace que se incremente las partículas por millón en el agua y sea difícil para el consumo humano.



Figura 1 : Fábricas en Dacca

Fuente: El País - Zigor Aldama (2020)

Conforme con la Organización de las Naciones Unidas (2019), Latinoamérica con respecto al reciclaje no padecerá de varios cambios significativos en un futuro próximo de 30 años, más bien las consecuencias incrementarán. En el año 2050, la ONU calcula que el nivel de desperdicios en América Latina llegará a alcanzar un total de 650.000 toneladas de residuos sólidos por día. Paralelamente, un 33.33% de desechos del territorio termina en depósitos de residuos o en algún lugar del ecosistema que afecte tanto a humanos o seres vivos en general.



Figura 2 : Reciclaje en el mundo

Fuente: Banco Mundial 2019

Según The Natural Resources Defense Council (2018) parte importante de los residuos sólidos concluyen en vertederos, existiendo 2 tipos: informales, que son considerados como focos de contaminación y patologías; y los vertederos municipales, que tienen que consumir con posiciones legales referente a la regulación y control de la basura que ingresa. Últimamente, diversos municipios en Latinoamérica han vedado a laborar dentro de dichos vertederos y comenzaron a producir un proceso de planificar de recolección. En torno a 4 000 000 de individuos, estos se dedican al reciclaje de residuos como el metal, papel, plástico y vidrio, gracias a esta actividad ellos pueden solventar sus gastos diarios.

Según La Red Latinoamericana y del Caribe de Recicladores (2017), un grupo de trabajadores que se dedica a la recolección, selección y recuperación de los residuos reciclables, busca conglomerar a empresas que se dediquen al reciclaje a nivel mundial. Se debe considerar a estos individuos para el desarrollo de programas de

administración, reciclaje y residuos. Es decir, un asunto no solo ambiental, empero de integración y empoderamiento social. Pese a los esfuerzos de toda la gente y organizaciones dedicadas al reciclaje de la basura.

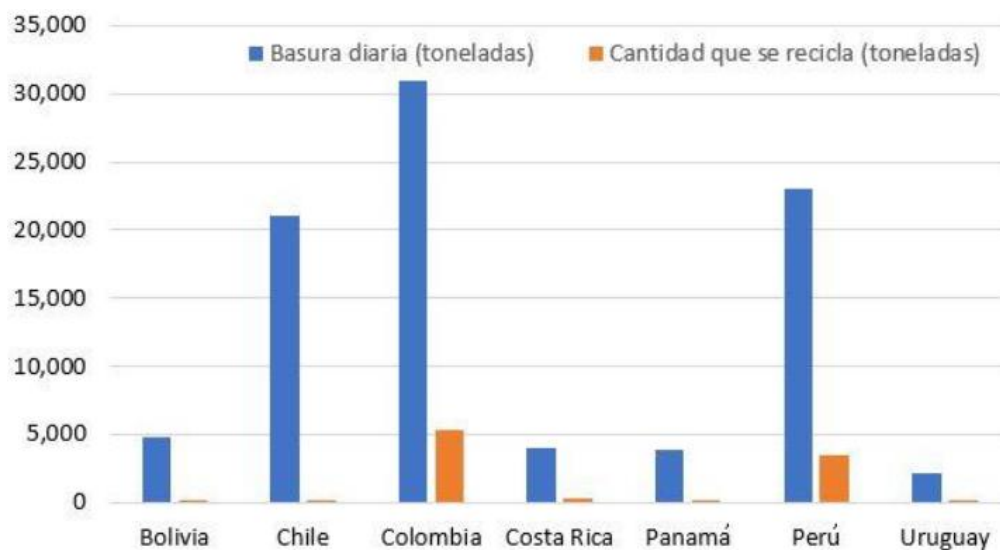


Figura 3 : Dimensión de residuos y reciclaje en Latino América

Fuente: The Natural Resources Defense Council (2018)

Según el Ministerio del Ambiente (2018), Perú solo recicla el 1.9% del total de desechos reutilizables. En 2016, a nivel nacional, se provocaron 7 millones de toneladas de residuos urbanos, de aquella dimensión el 18% son residuos inorgánicos reciclables con potencial de crear trabajo por medio de negocios innovadores. Por igual, la porción media de los residuos de las viviendas lo conforman material orgánico, ya sean cáscaras de verduras o frutas, residuos de comida, etcétera. En la actualidad por la coyuntura actual que está atravesando el planeta, en el Perú según la Asociación Recíclame (2020) se ha reducido el reciclaje entre un 30% a un 40%.

El sector de la construcción no está exento de la contaminación, ya que los materiales que se usan constituyen problemas ecológicos, uno de estos materiales son los ladrillos tradicionales de arcilla, puesto que a partir de la perforación de los cerros de arcilla para extraer la materia prima hasta la producción se produce: desertificación del suelo, contaminación atmosférica (por los gases y el humo

generados), tala de árboles para el funcionamiento del horno, etc. Todo esto hace que este material no sea precisamente el mejor para combatir los problemas medioambientales que afectan al planeta tierra. Según el biólogo Raúl Montenegro Karlic (2006), desde el punto de vista biológico fabricar ladrillos de arcilla es perjudicial para el medio ambiente, ya que el suelo es recurso difícilmente renovable, ya que para que el suelo pueda formarse tienen que pasar miles de años tan solo para generar milímetros de suelo.

En el Perú el panorama es más devastador, ya que para que funcionen sus hornos no solo se talan árboles, sino que se queman llantas para ponerlos en funcionamiento, como se observa en la Figura N° 3. Según Jonathan Betalleluz, Cristhian Mamani, Robert Gutierrez y Emma Jaramillo (2018). La elaboración artesanal de ladrillos se considera una de las primordiales fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera, caracterizándose por una diversidad bastante vasta de tipos y proporciones de combustibles usados en su fase final de producción. En el distrito de Huertas – jauja, se viene llevando a cabo esa actividad por pequeñas empresas familiares informales, actividad que se inicia con una sustracción de arcilla, manipulación, mezclado y al final se culmina con el secado de los ladrillos en hornos artesanales, usando para su cocción insumos químicos (combustibles, plásticos y llantas), exponiendo de esta forma la salud de los habitantes, y ocasionando un mal irreversible al medio ambiente. Dentro del distrito de Huertas existen pobladores que se encuentran incómodos con la quema de llantas que se realiza para la construcción de ladrillos artesanales de arcilla, puesto que los gases y las cenizas que se producen se van esparciendo con la ayuda de las corrientes de aire, lo cual genera contaminación del aire. Lo cual genera problemas a la salud de las personas que tienen casas aledañas, más específicamente problemas respiratorios.

Tabla 1 : Generación de contaminantes según la etapa de proceso de producción de ladrillos artesanales

N°	Etapas	Actividades que generan contaminantes	Tipos de contaminantes
01	Extracción de la arcilla y tierra	Extracción con herramientas manuales.	Cambios en la morfología del terreno.
02	Mezclado	Extracción con maquinaria pesada.	Cambios en la morfología del terreno y uso de la tierra agrícola.
03	Moldeado	No genera contaminantes.	Ninguno.
04	Secado	Durante el secado solo se desprende vapor de agua.	Ninguno.
05	Carga del Horno	Resuspende partículas del suelo y de la fricción de los mismo ladrillos.	Partículas en suspensión.
06	Cocción	Uso de combustible en la cocción de ladrillos: llantas, aserrín, madera, plásticos, etc.	Partículas en suspensión: SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO y compuestos orgánicos volátiles.
07	Clasificación	Descarte de productos rotos, fisurados y mal cocidos.	Residuos sólidos inertes.
08	Despacho	Descarte de productos rotos.	Residuos sólidos inertes.

Fuente: Análisis jurídico de la responsabilidad civil extracontractual derivada del daño ambiental por la producción de ladrillos en Jauja, Junín (2018) – Universidad Continental



Figura 4 : Hornos para ladrillos en Huertos-Jauja (2017)

Fuente: <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/issue/view/43/32>

Según el Ministerio del Ambiente (2017) actualmente en el Perú el principal problema del manejo de residuos sólidos es la falta de lugares adecuados destinados a su disposición final, se calcula que el país requiere de 190 infraestructuras para la disposición final de residuos sólidos, sin embargo, hasta el 2014 solo existen 11 rellenos sanitarios con todos los permisos y autorizaciones correspondientes, y 10 instalaciones para la disposición de residuos del ámbito no municipal a nivel nacional. Debido a esto se ejecutaron una serie de proyectos cofinanciados por el Fondo Contravalor Perú-Alemania enfocado en el fortalecimiento de la gestión integral de residuos en diversas municipalidades. Estos proyectos fueron desarrollados en 12 gobiernos locales e incluyen la elaboración y actualización de instrumentos técnicos para la gestión de residuos (PIGARS, PMRS, Optimización de Rutas); la sensibilización de la población, centros educativos e instituciones sobre el correcto manejo de residuos sólidos; el fortalecimiento operativo del área de limpieza pública y la construcción de infraestructura de residuos sólidos incluyendo instalaciones de disposición final adecuadas. Al término del año 2015, se contaban con un total de 21 instalaciones adecuadas de disposición final en todo el Perú, cuyo resumen se ve en la siguiente tabla:



Tabla 2 : Instalaciones de Disposición final de rellenos a nivel nacional.

Rellenos Sanitarios		
1		Portillo Grande
2	Lima	Zapallal
3		Huaycoloro
4	Callao	Modelo del Callao
5		Carhuaz
6	Ancash	Independencia
7	Cajamarca	Municipal de Cajamarca
8		Papaya
9	Junin	Santa Cruz
10		El Treinta
11	Loreto	Nauta
12		Cangallo
13	Ayacucho	San Miguel
14		Parinacochas
15		Yauli
16	Huancavelica	Colcabamba
17		Ambo
18	Huánuco	Llata
19		Huancarama
20	Apurimac	Anco Hualla - Uripa
21		Chuiquibambilla

Fuente: Ministerio del Ambiente (2017)

Tabla 3 : Instalaciones de Disposición final de residuos peligrosos a nivel nacional

Instalaciones de disposición para residuos peligrosos		
1		Portillo Grande
2		Zapallal
3	Lima	Huaycoloro
4		Befesa
5		Kanay
6	Ica	Tower and Tower
7	Cajamarca	Municipal de Cajamarca
8		BA Servicios Ambientales SAC
9	Piura	Arpe
10		Beraca

Fuente: Ministerio del Ambiente (2017)

Según la Municipalidad Metropolitana de Lima (2014) en cumplimiento de sus funciones, compromisos ambientales y sanitarios, y con la intención de mejorar y optimizar la gestión y el manejo de los residuos sólidos en la Provincia de Lima, ha desarrollado el presente Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos 2015-2025 (PIGARS), con la activa participación de las Municipalidades Distritales, instituciones gubernamentales con competencias ambientales, los operadores de residuos, la sociedad civil y el sector privado. Este instrumento de planificación ambiental se torna histórico para el país, ya que es el primer PIGARS elaborado para la provincia de Lima. La actual gestión municipal cumple después de 14 años con lo establecido en la Ley 27314 “Ley General de Residuos Sólidos” en julio del 2000, en el cual se dispone la obligación de las municipalidades provinciales de elaborar, aprobar y publicar sus PIGARS un año después de aprobada la mencionada Ley. El PIGARS busca incrementar y optimizar los servicios para la gestión y manejo de los residuos sólidos a nivel metropolitano, facilitando los niveles adecuados de provisión de los mismos en áreas de expansión urbana y en zonas de difícil acceso donde hoy no se prestan adecuadamente los servicios de limpieza; mejorar la sostenibilidad financiera de los servicios; incrementar el aprovechamiento de residuos inorgánicos y orgánicos; fortalecer la fiscalización y sanción por el incumplimiento de obligaciones o por cometer acciones que contaminan el ambiente debido a residuos sólidos, e involucrar activamente a todos los actores de la gestión y manejo de residuos como los generadores, las empresas de prestación de servicios y de comercialización de residuos, las entidades de fiscalización y control ambiental, entre otros.

Tabla 4 : Residuos sólidos domiciliarios generados en la provincia de Lima, según distrito 2011-2019

Distrito	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Total</b>	<b>2 503 586</b>	<b>2 649 634</b>	<b>2 759 701</b>	<b>2 828 128</b>	<b>2 924 779</b>	<b>3 164 584</b>	<b>3 276 748</b>	<b>3 454 688</b>	<b>3 613 906</b>
Ancón <sup>1/</sup>	6 485	6 747	9 922	10 319	10 728	11 151	12 007	12 410	22 550
Ate	125 757	146 000	152 227	182 500	204 400	212 864	200 750	207 776	202 035
Barranco <sup>1/</sup>	13 969	13 822	20 219	19 999	19 775	26 240	20 075	19 924	25 268
Breña <sup>1/</sup>	32 486	37 313	37 143	36 978	36 773	47 602	47 948	48 034	60 330
Carabaylo <sup>1/</sup>	47 034	78 023	82 060	86 284	90 692	95 280	97 779	71 085	75 716
Chaclacayo <sup>1/</sup>	7 142	7 230	7 319	8 520	8 622	8 723	8 799	9 056	9 067
Chorrillos <sup>1/</sup>	82 458	78 467	80 189	80 086	81 797	83 508	98 225	100 796	104 314
Cieneguilla <sup>1/</sup>	7 084	7 667	7 685	8 315	8 995	7 765	7 980	8 062	8 434
Comas <sup>1/</sup>	155 462	153 123	155 444	157 763	160 063	162 323	169 425	173 129	182 176
El Agustino <sup>1/</sup>	132 844	134 608	136 379	95 933	97 140	98 319	99 323	102 359	115 249
Independencia <sup>1/</sup>	54 165	68 852	69 599	70 344	71 083	69 235	69 797	72 646	74 035
Jesús María <sup>1/</sup>	26 645	28 201	28 513	29 534	29 861	32 492	32 492	35 028	36 090
La Molina <sup>1/</sup>	65 463	65 531	62 719	64 883	67 420	70 025	71 671	71 589	73 644
La Victoria	102 169	128 232	126 997	125 742	136 875	143 938	141 809	142 453	165 528
Lima	197 828	197 338	222 975	230 065	244 148	238 335	243 449	235 316	230 673
Lince <sup>1/</sup>	21 171	22 801	22 640	25 456	25 261	26 645	26 339	26 551	32 739
Los Olivos	95 569	88 647	101 255	103 730	111 487	114 235	116 293	132 104	128 451
Lurigancho <sup>1/</sup>	22 684	22 717	23 613	34 200	35 529	36 893	37 756	39 410	45 874
Lurín <sup>1/</sup>	22 197	25 399	25 780	26 949	28 161	29 415	30 149	31 516	36 037
Magdalena del Mar <sup>1/</sup>	19 613	25 108	28 226	28 616	28 950	29 288	29 114	29 478	34 528
Miraflores <sup>1/</sup>	51 008	46 537	55 142	55 151	55 140	63 062	59 770	59 946	66 056
Pachacámac <sup>1/</sup>	11 012	12 031	13 143	15 918	17 377	18 960	19 487	30 999	33 289
Pucusana <sup>1/</sup>	1 956	2 091	4 490	4 547	4 857	9 749	10 021	8 431	8 853
Pueblo Libre <sup>1/</sup>	31 801	32 003	32 204	32 501	32 695	34 214	34 218	34 909	42 720
Puente Piedra <sup>1/</sup>	56 007	59 426	63 044	59 276	62 842	93 440	96 050	100 643	100 607
Punta Hermosa <sup>1/</sup>	875	839	1 383	1 441	1 501	1 563	1 601	1 672	4 096
Punta Negra <sup>1/</sup>	539	571	659	698	740	783	805	843	771
Rímac <sup>1/</sup>	66 414	60 554	62 966	64 620	64 369	79 176	78 697	79 782	89 528
San Bartolo <sup>1/</sup>	1 728	1 802	1 879	1 933	2 015	1 931	1 977	2 065	2 130
San Borja	37 123	38 007	34 890	35 179	38 567	39 232	40 906	38 815	43 017
San Isidro <sup>1/</sup>	45 265	46 617	49 471	52 859	52 635	53 483	55 667	59 987	61 523
San Juan de Lurigancho <sup>1/</sup>	212 687	238 928	246 504	259 820	267 889	301 418	307 876	345 483	357 745
San Juan de Miraflores <sup>1/</sup>	89 633	95 308	97 170	99 044	100 921	102 788	104 285	163 874	167 792
San Luis <sup>1/</sup>	21 923	21 204	21 451	23 758	24 027	24 297	24 476	25 156	24 170
San Martín de Porres <sup>1/</sup>	153 300	158 066	156 950	161 773	166 680	208 966	213 376	267 666	276 688
San Miguel <sup>1/</sup>	56 575	58 374	59 527	60 164	60 829	75 497	58 400	59 364	73 479
Santa Anita	75 282	72 158	74 578	73 651	75 683	78 489	80 170	83 525	75 737
Santa María del Mar <sup>1/</sup>	571	609	675	748	828	917	941	841	880
Santa Rosa <sup>1/</sup>	2 019	2 178	2 746	2 962	3 195	3 445	3 540	3 711	6 089
Santiago de Surco	136 537	143 926	147 978	152 107	144 306	172 743	176 062	139 073	144 805
Surquillo <sup>1/</sup>	28 168	32 179	32 392	38 744	38 993	39 237	39 264	40 081	44 145
Villa El Salvador <sup>1/</sup>	97 918	100 952	107 624	110 918	114 273	117 678	120 074	145 718	148 906
Villa María del Triunfo <sup>1/</sup>	87 020	89 448	91 931	94 100	96 657	99 240	187 905	193 382	178 141

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Anuario de estadísticas ambientales (2020)

Según el distrito de Villa María del Triunfo (2020) la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios es 0.67 kg/hab./día con una generación total estimada de 282 042,03 kg/día. Como acciones negativas por parte de la población, se concluye que las bolsas de basura son acumuladas en calles y avenidas, fuera del horario establecido por el municipio, estas acciones son causadas por el mal manejo de residuos sólidos en grandes establecimientos como mercados, autoservicios, centros comerciales y restaurantes. Por otra parte, los recicladores informales causan derrame de los residuos sólidos al momento de romper las bolsas para sustraer los materiales de interés; los tricicleros que trabajan de manera informal recogen los residuos sólidos a cambio de dinero y luego lo acopian en lugares informales como en avenidas y calles. Las actividades de construcción llegan a generar problemas ambientales por la producción de polvo y desmorte. Sin embargo, tienen la obligación de realizar la disposición final a través de empresas privadas debidamente registradas en DIGESA.



Figura 5 : Acopio de basura en la Av. Pachacútec frente al Terminal Pesquero

Fuente: Municipalidad de Villa María del Triunfo (2017)

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2018), supervisó las condiciones atmosféricas en “Ticlio Chico”, mediante una estación meteorológica portátil la cual registró temperaturas de 12°C y una humedad relativa de 98%. Mayormente en las épocas de invierno esta zona tiene un clima muy nublado por las tardes, además presenta vientos moderados a fuertes en el transcurso de la tarde. Ya que esta zona se encuentra alrededor de lomas presenta vientos húmedos que provienen desde el mar frío que recorre las costas y esto hace que al pasar por el mar los vientos disminuyen su temperatura, aumenta su humedad relativa y forme una neblina densa que al llegar a la costa se encuentran con las colinas que forman una barrera orográfica. Dado que los vientos llevan poca humedad (humedad absoluta), la precipitación que se genera es de tipo llovizna o garúas.

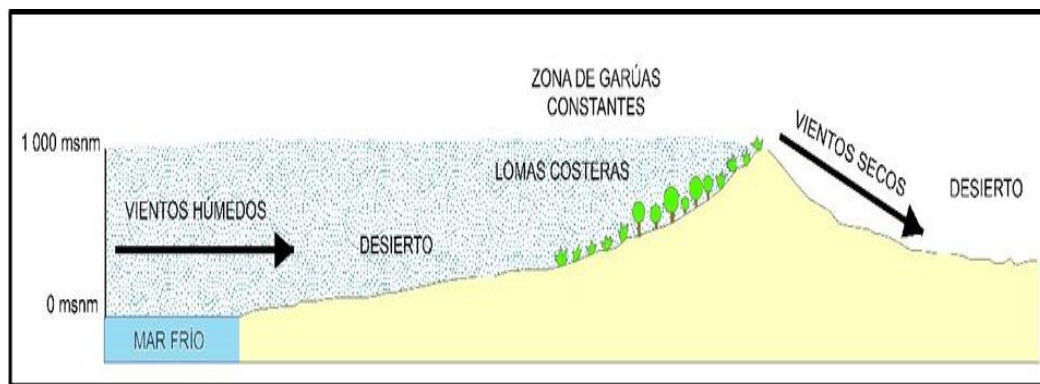


Figura 6 : Formación de lomas costeras

Fuente: Paniagua Guzmán (s.f.)

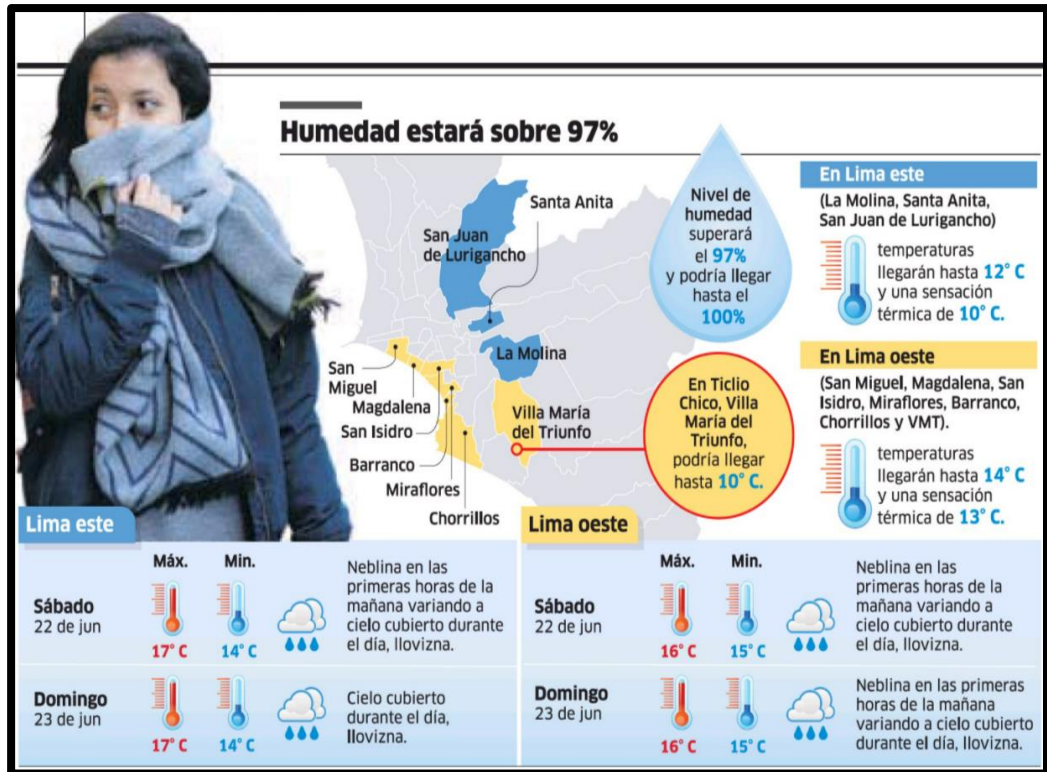


Figura 7 : Temperatura en Lima

Fuente: Diario La República (2019)

### 1.1.1 Problema General

¿Cómo diseñar una vivienda unifamiliar utilizando ladrillos reciclados para la zona de Tablada en el distrito de Villa María del Triunfo?

### 1.1.2 Problema Específico

¿Cómo se puede determinar qué porcentaje de PET y agregado grueso es adecuado para la fabricación del ladrillo?

¿Cómo se puede determinar la viabilidad de una vivienda unifamiliar para zonas con temperaturas bajas en Tablada?

¿Cómo se puede diseñar arquitectónicamente y estructuralmente una vivienda ecológica utilizando ladrillos PET y moldearlo en el software AUTOCAD y ETABS?

¿Cómo se puede determinar el costo de una vivienda con ladrillos PET, estableciendo diferencias con una vivienda tradicional?

¿Cuáles son los beneficios ambientales que se generarían con la construcción de una vivienda unifamiliar con ladrillos de plástico reciclado?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar una vivienda unifamiliar usando ladrillos de plástico reciclado para la zona de Tablada en el distrito de Villa María del Triunfo.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- a) Determinar qué porcentaje de PET y agregado grueso es adecuado para la fabricación del ladrillo.
- b) Determinar si es viable una vivienda unifamiliar con ladrillos PET para zonas con temperaturas bajas en la zona de Tablada.
- c) Diseñar arquitectónicamente y estructuralmente una vivienda unifamiliar con ladrillos PET con el software ETABS y AUTOCAD.
- d) Determinar el costo de construcción de una vivienda con ladrillos PET, estableciendo diferencias con una vivienda convencional.
- e) Describir los beneficios ambientales que se generarían con la construcción de una vivienda unifamiliar con ladrillos de plástico reciclado.

## **1.3 Delimitación de la Investigación: Temporal Espacial y Temática**

Una de las principales limitaciones es que al realizar los ladrillos ecológicos se necesitan máquinas especiales para triturar el PET. Y actualmente como consecuencia del COVID-19 se ha reducido el porcentaje de reciclaje en un 30% a 40%.

## **1.4 Justificación e Importancia**

### **a) Justificación teórica**

El presente estudio se justificará teóricamente ya que brindará información sobre nuevas tecnologías de construcción, empleando materiales reciclados, como el ladrillo de plástico reciclado sirviendo de retroalimentación para futuras investigaciones.

### **b) Justificación Social**

El presente estudio se justifica socialmente, puesto que brindará la información necesaria a los habitantes de Tablada que es un lugar que tiene una baja temperatura y el porcentaje de humedad es muy elevado, lo que hace que la sensación térmica sea muy baja. Los ladrillos reciclados son un aislante térmico, lo cual servirá para que no tengan problemas con el frío.

### **c) Justificación Ambiental**

El presente estudio dará a conocer los beneficios del ladrillo de plástico reciclado referente a la conservación del medio ambiente, debido a que las grandes cantidades de desechos inorgánicos que se producen en el mundo son altas, pero no se le da un buen uso, solo son desechados. Los ladrillos reciclados contribuyen a darle un nuevo uso a las botellas PET para disminuir el impacto ambiental.

### **d) Justificación Económica**

El presente estudio brindará información referente a que la construcción de las viviendas unifamiliares construidas a base de ladrillos de plástico reciclado, puesto que la investigación será pública y generará una mayor demanda en el plástico PET, lo cual fomentará el reciclaje y podrá generar más trabajo para los pobladores.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del Estudio de Investigación

#### 2.1.1 Investigaciones Nacionales

Valdivia (2019) en su tesis “Evaluación de las características físico mecánicas de ladrillos tipo IV compuesto de arena gruesa y polímeros PET basado en la norma E-070” tiene como objetivo enfocarse en un procedimiento experimental que consiste en construir ladrillos semi industriales de arena gruesa y plástico reciclado (PET). Los ladrillos tendrán una medida comercial 24cm x 12cm x 9cm y se realizarán tres muestras, según el porcentaje del PET: 100% (PET 1: Arena Gruesa 0), 80% (PET 1: Arena Gruesa 0.25) y 67% (PET 1: Arena Gruesa 0.5), hay que tener en cuenta que la dosificación fue por volumen. Para la fabricación de los ladrillos se utilizó una fragua para derretir el PET y así también calentar la arena gruesa, además se fabricaron moldes de metal con dimensiones de 24cm x 12cm x 9cm. Los ladrillos tuvieron que pasar por varios ensayos como el de variación dimensional, densidad, absorción de humedad y resistencia a compresión ( $f^b$ ) para ver sus características físicas y compararlo con un ladrillo tipo IV según se indica en la NTP E.070. Se concluyó que el ladrillo con 100% PET tiene una mayor variación dimensional en comparación a los ladrillos de 80% PET y 67% PET, asimismo la distorsión en el ladrillo de 100% PET es mayor a los ladrillos de 80% PET y 67% PET, esto se debe a la falta de arena gruesa que absorba el calor del proceso de fabricación y evite la variación volumétrica por temperatura. La densidad del ladrillo de 67% PET es la mayor con respecto a los ladrillos de 100% PET y 80% PET por ser el ladrillo con mayor cantidad de arena gruesa. Con respecto a la absorción de humedad el ladrillo de 100% PET tiene mayor porcentaje de absorción al ser el ladrillo con mayor porosidad y fracturas internas que los ladrillos de 80% PET y 67% PET. La mayor resistencia a compresión ( $f^b$ ) fue alcanzada por el ladrillo de 80% PET llegando a una resistencia de 111.47 kg/cm<sup>2</sup>.

Chino y Mathios (2020) en su tesis “Elaboración de ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie huayruro (*ormosia coccinea*) de las industrias madereras en Ucayali” tiene como objetivo demostrar que se le puede dar un mejor uso al plástico muy aparte del que ya son conocidos, así como también utilizar el aserrín como insumo. Con esta investigación se quiere que el Ladrillo PET – Aserrín puede llegar a ser una alternativa económica, factible y amigable con el medio ambiente por las propiedades que las mismas presentan. Se realizaron cuatro proporciones de ladrillos PET – Aserrín: PET 100% - ASR 0%, PET 98% - ASR 2%, PET 96% - ASR 4% y PET 94 % - ASR 6% y se determinó que en la prueba de Variación Dimensional el ladrillo PET – Aserrín 94% - ASR 6% obtuvo 0,12 mm siendo muy diferente a los otros tratamientos siendo el ladrillo con mejor dimensión obtenida. Para los resultados del ensayo de Alabeo, el ladrillo PET 94% - ASR 6% obtuvo 0,75 mm siendo muy diferente a los demás ya que es un ladrillo de menor concavidad. Con la prueba de Absorción, el ladrillo PET 94% - ASR 6% arrojó un 1,30% siendo un valor estándar entre los demás tratamientos, con la prueba de Resistencia a la compresión el ladrillo PET 94 % - ASR 6% obtuvo 20,70 kg/cm<sup>2</sup> fue el de mejor comportamiento teniendo una buena resistencia sobre los demás ladrillos. Se concluyó que la mejor proporción para el ladrillo PET – Aserrín es el que contiene 96% de plástico PET y 6% Aserrín.

Echeverría (2017) en su tesis “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado” tiene como objetivo determinar las propiedades físico mecánicas, de un ladrillo de concreto con plástico PET, definidas por la NTP E.070. Para eso se determinaron las proporciones de los agregados en la mezcla de concreto para elaborar un ladrillo clase IV. Se procedió a agregar a la mezcla de ladrillo de concreto hojuelas de plástico PET reciclado en porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% y obtener cuatro tipos de ladrillo distintos, a éstos se les realizó diferentes ensayos a los 28 días de edad para determinar sus propiedades; siendo la propiedad principal la resistencia a la compresión, los valores determinados son  $f^b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f^b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f^b =$

118.80 y  $f^b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$  con coeficientes de variación de 2.95%, 6.86%, 4.54% y 6.41% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. Se concluye que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto al adicionarle hojuelas de plástico PET no se encuentra ninguna mejora, además se encontró una disminución máxima de la resistencia a la compresión del ladrillo de  $52 \text{ kg/cm}^2$  o 32%, por lo tanto, las propiedades físico mecánicas de los tres tipos de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado cumplen con los requerimientos mínimos por la norma E.070 del 2006.

Flores y Ochoa (2019) en su tesis “La evaluación comparativa de un prototipo de ladrillo macizo de cemento sustituyendo el agregado fino por PET respecto a un ladrillo artesanal” tiene como objetivo analizar y evaluar el comportamiento de un ladrillo de cemento al sustituir el agregado fino por el PET, para así encontrar una proporción adecuada. Para realizar los ensayos se tuvieron como muestra el ladrillo de cemento y el ladrillo prototipo, el cual tendrá distintos porcentajes de PET para poder evaluar cual cumple las normas técnicas peruanas (E0.70). De acuerdo a los resultados obtenidos se comprobó que los prototipos de ladrillo PET se concluyó que alcanzaron mejores parámetros con respecto a un ladrillo artesanal siguiendo los parámetros de la Norma Técnica Peruana E070, con la proporción al 80% de PET se tiene un prototipo de ladrillo más ligero y con una resistencia a la compresión que supera los valores permisibles de la Norma Técnica Peruana E 070, respecto a los porcentajes de absorción entre los prototipos de ladrillo y los ladrillos artesanales, fue mínimo debido a que el PET es un material muy impermeable, de esta manera los prototipos de ladrillo en las distintas dosificaciones planteadas muestran valores permisibles aplicadas a la Norma Técnica Peruana E 070, por lo tanto es viable su aplicación en albañilería no portante.

Mendez y Ortiz (2019) en su tesis “El reemplazo de arena por residuos sólidos urbanos sobre las propiedades físicas y mecánicas en morteros ecológicos” tiene como objetivo elaborar morteros ecológicos en el cual se reemplaza el agregado fino por material reciclado, los porcentajes a diseñar serían al 0, 25,

50, 75 y 100% y estas cumplirían con la Norma Técnica Peruana 334.051. De acuerdo con los ensayos respectivos y al obtener los resultados, se concluyó que si es posible el uso del agregado fino reciclado para elaboración de mortero, se obtuvo el mejor diseño usando la proporción 25/75, con respecto a la densidad la que menor densidad presenta es la proporción de 100/0 y el que menor porcentaje de absorción en agua presenta es la proporción de 75/25, se determinó que al aumentar el contenido de residuos su resistencia tiende a bajar y que a más días de curado el mortero será más resistente y podremos obtener mejores resultados.

### **2.1.2 Investigaciones Internacionales**

Gómez y Guzmán (2019) en su tesis “Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques fabricados con viruta de plástico PET y bloques tradicionales de acuerdo a la norma NTE INEN 3066” tiene como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques fabricados con el material PET para que puedan ser comparadas con los bloques tradicionales y además ayudar a disminuir el impacto ambiental producido por el amplio uso de botellas de plástico cuya degeneración toma alrededor de 500 años. Se realizó la dosificación tanto en los bloques tradicionales como los que contienen PET con el reemplazo del material fino. Para la definición del porcentaje de este reemplazo se analizó la curva granulométrica del polvo azul y del material alternativo y se consideró 4 modelos de porcentaje, con esto se pudo determinar el predominio del material fino, con estos resultados se calcularon los dos porcentajes de que se usarán. Uno con el 60 % de polvo azul y el 40% de PET, denominado como PET 1, el segundo fue el 40% de polvo azul y el 60% de PET, denominado como PET 2. Todos los bloques que se diseñaron cumplen con las especificaciones técnicas indicadas en la norma NTE INEN 3066. Se concluye que la masa y la densidad de los bloques con reemplazo en sus dos porcentajes disminuyen, las resistencias con reemplazo PET obtenidas, dieron la categorizaron a los bloques con reemplazo PET 1 como tipo B, los bloques con reemplazo PET 2 tipo C, pero la porosidad de estos bloques con reemplazo, se ve afectada ya que presentaron un mayor

porcentaje de capacidad de absorción, según la cantidad de PET que contenían. En el análisis de costos de los bloques con PET aumentan su costo, pero no de forma exorbitante lo que indica es que se puede hacer este tipo de bloques a nivel industrial.

Caballero y Florez (2016) en su tesis “Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno - tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción” tiene como objetivo buscar una alternativa para sustituir un porcentaje en volumen de agregado fino y ser reemplazado por plástico PET triturado, el estudio de factibilidad consiste en que para diferentes porcentajes siempre se mantenga la geometría y proceso de un bloque convencional, cumpliendo con las normativas NSR-10 y NTC del ICONTEC. Se concluyó que es factible; debido a que los bloques con PET arrojaron una reducción de peso por unidad, esta se redujo en un 2% en comparación a los bloques convencionales, para la sustitución de 38% de arena. En cuanto a los costos económicos los bloques con PET triturado resultan mucho más económicos que el bloque convencional.

Castillo (2018) en su tesis “Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plásticos reciclados como material de construcción” tiene como objetivo analizar la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado en la construcción de viviendas unifamiliares en Colombia con el sistema Brickarp. La fabricación del ladrillo Brickarp es un sistema de construcción alternativo, fundamentalmente está elaborado de plástico reciclado, este tipo de ladrillo se destaca por su armado tipo Lego, lo que permite la confección de viviendas en pocos días; además, de no ser necesaria experiencia previa para su instalación. Además, algunas cualidades del plástico como elemento a ser incluido para la construcción, tales como resistencia a la humedad, durable, inmune a insectos, roedores y microorganismos, no requiere mantenimiento, de fácil instalación, no amerita mano de obra calificada y sobre todo competitiva económicamente. Se concluyó que el sistema Brickarp es una solución viable debido a sus

características intrínsecas y su excelente costo-beneficio y además se aminorará la contaminación ambiental.

Iza (2019) en su tesis “Evaluación de la fabricación de bioladrillos utilizando materiales alternativos plástico PET y cascarilla de arroz para disminuir el impacto ambiental en la microempresa PILICITA en el cantón Saquisilí” tiene como objetivo la evaluación físico mecánicas y de costos de la fabricación de bioladrillos con una dimensión de 300x150x95 mm usando materiales reciclados y agregados, este proceso se realizó de forma artesanal y además se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y humedad al bioladrillo. Se concluye que los bioladrillos mostraron factibilidad para su uso y para su comercialización, ya que este tipo de bioladrillos proporcionan un beneficio para el medio ambiente debido a que se reutilizan materiales reciclables y para su fabricación se requiere un bajo nivel de energía.

Pin (2019) en su tesis “Prototipo para un bloque de encastre en base de PET para la aplicación en una vivienda planta baja” tiene como objetivo la elaboración de un prototipo de bloque con material plástico reciclado que permitirá aprovechar esta como materia prima para un nuevo producto de fácil comercialización y aplicable en la construcción de viviendas. Se concluyó que el bloque plástico reciclado es un material termo acústico ya que es elaborado en base de PET y esto permite mejorar el microclima en el interior de la vivienda, además el bloque de plástico nos da una protección mayor que la del bloque tradicional por ser 100% plástico.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Tecnologías de la Construcción**

#### **2.2.1.1 Plásticos**

Existen diversos materiales sintéticos que son muy trabajables y su composición por lo general es de derivados de celulosa, proteínas y resinas. El término plástico en su definición más amplia, se aplica una serie de sustancias que cuentan con una estructura muy similar que no tiene punto fijo de evaporación y en diversos tipos de



intervalos de temperaturas las propiedades de flexibilidad y elasticidad hace que moldearlas y adaptarlas a prácticamente cualquier forma y un sin número de aplicaciones. Sin embargo, estos tipos de materiales creados por el hombre son obtenidos a través de fenómenos como la polimerización seminatural de los átomos de carbono en cadenas largas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y múltiples sustancias naturales (Serrano & Ruiz, 2017, pág. 131)

Seis resinas, de un total de bastante más de cincuenta que hay en el mercado, se hallan en los plásticos utilizados para envases y embalajes, tanto en presentación dura como flexible (Instituto Nacional de Ecología, 1993), dichos son:




- PET (polietileno tereftalato)
- PEAD (polietileno de alta densidad)
- PVC (policloruro de vinilo)
- PEBD (polietileno de baja densidad)
- PP (polipropileno)
- PS (poliestireno).



En la siguiente tabla se mostrará las características y los diferentes usos de cada plástico:

Tabla 5 : Códigos, propiedades y usos de los plásticos

Código de identificación	Nombre	Propiedades	Uso más común
	Polietileno tereftalato	Permite el contacto con los alimentos, resistencia física, propiedades térmicas, resistencia química, barrera de gases. Comúnmente pueden ser reciclados, y dar lugar al RPET, pero este último no puede emplearse para producir envases para alimentos debido a que las temperaturas implicadas en el proceso no son lo suficientemente altas como para asegurar la esterilización del producto.	Envases para alimentos y bebidas, agua, productos farmacéuticos, ropa y fibras de alfombras, entre otros.
	Polietileno de alta densidad	Poco flexible, resistente a químicos, opaco, fácil de pigmentar, fabricar y manejar. Se suaviza a 75 °C. Son generalmente seguros y no se conoce que transmitan ningún químico en bebidas o alimentos. No se recomienda reutilizar una botella como contenedor de comida o bebida si originalmente no tenía este tipo de productos.	Bolsas, envases para leche, jugos, helados, jabones, químicos, tapas y cubetas entre otros.



Código de identificación	Nombre	Propiedades	Uso más común
	Policloruro de vinilo	<p>No conductor de calor y electricidad, amortigua las ondas sonoras, material ligero, duro y químicamente inerte, puede usarse con solventes, se suaviza a 80 °C, y es usado por ello en todos los tipos de tuberías más usualmente en fontanería. Algunas veces es reciclado. No puede entrar en contacto con alimentos ya que puede ser dañino al ingerirse.</p>	<p>Tubería, plomería, mangueras, suelas para zapato, correas para reloj y cables.</p>
	Polietileno de baja densidad	<p>Suave, flexible, traslúcido, se raya fácilmente, se suaviza a 70 °C. A veces es reciclado y tiende a ser muy saludable, durable y flexible.</p>	<p>Películas para empaque, bolsa para basura, envases para laboratorio, y bolsas plástico de supermercado.</p>
	Polipropileno	<p>Poco flexible, versátil, soporta solventes, traslucido, se suaviza a los 140 °C. Ocasionalmente es reciclado. Soporta temperaturas altas y es usualmente fuerte.</p>	<p>Bolsas para frutas, cajas para alimentos, cintas adhesivas, envases para uso veterinario y farmacéutico. Los tapones de plástico de las botellas suelen ser hecho de este material.</p>

Código de identificación	Nombre	Propiedades	Uso más común
	Poliestireno	Claro, rígido, opaco, se rompe con facilidad, calientes, recipientes se suaviza a 95 °C, no soporta grasas ni solventes. Comúnmente reciclado y es difícil de hacer.	Vasos para bebidas calientes, recipientes para comida caliente, recipientes para hielo seco, empaques para mercancía frágil, cubiertos de plástico.
	Otros plásticos	Incluye muchas otras resinas y materiales, sus propiedades dependen de la naturaleza química del material. Incluye policarbonato y poliacetida. Estos plásticos son difíciles de reciclar.	Autopartes, cintas para películas, hieleras, gafas, electrónicos y cepillos dentales entre otros. Policarbonato en biberones, discos compactos y contenedores de almacenamiento médico.

Fuente: Pawar, Shirgaonkar y Patil, (2016)

### 2.2.1.2 Polietileno Tereftalato (PET)

El tereftalato de polietileno (PET) es uno de los materiales plásticos más utilizados, especialmente para la fabricación de envases. Debido a su composición química, el tereftalato de polietileno o PET es un tipo de poliéster. Se obtiene mediante la policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol.

Una vez obtenido el material, puede procesarse de diferentes maneras para obtener productos derivados: mediante inyección, extrusión, termo conformado, inyección y soplado, soplado de preforma, etc. Si se busca la transparencia del material, este debe ser enfriado rápidamente después de ser tratado.

Las características del PET lo hacen un material muy adecuado para la fabricación de envases (especialmente botellas y frascos), piezas o incluso textiles.

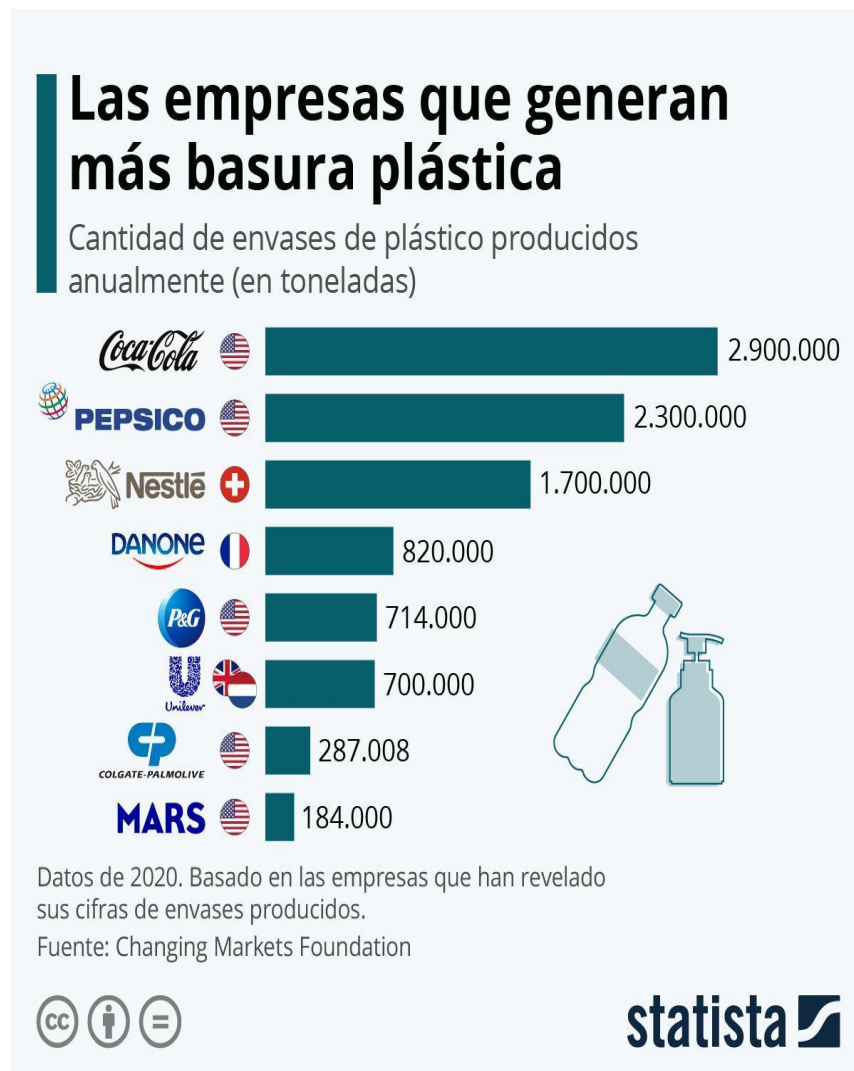


Figura 8 : Coca-Cola, la empresa que más contamina con sus plásticos

Fuente: STATISTA (2020)

### a) Propiedades del plástico PET

El PET se caracteriza por su alta pureza y su alta resistencia. De acuerdo a su composición presenta propiedades de transparencia y

resistencia química. Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y los de mayor peso molecular, grado ingeniería. Este polímero no se estira y no es afectado por ácidos ni gases atmosféricos, es resistente al calor y absorbe poca cantidad de agua, formando fibras fuertes y flexibles.

El PET contiene las siguientes propiedades:

Tabla 6 : Propiedades del PET

<b>PROPIEDADES DEL PET</b>
Transformación por soplado, inyección y extrusión
Apropiado 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 CO <sub>2</sub> , aceptable barrera a O <sub>2</sub> y humedad.
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.
Esterilizable por rayos gamma y óxido de etileno.
Buena relación costo / performance.
Se encuentra ranqued como No.1 en reciclado.
Liviano.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 : Propiedades físicas Politereftarato de Etileno

PROPIEDADES	Metodos de ensayo ISO/(IEC)	Unidades	Valores
Color		Natural	Bl/Ne
Densidad	1183	g/cm <sup>3</sup>	1,39
<b>Absorcion de agua:</b>			
despues de estar 24/96 h sumergido en agua a 23°C	62	mg	6-13
	62	%	0,07/0,16
hasta la saturacion en aire a 23°C / 50% HR		%	0,25
hasta la saturacion en aire a 23°C		%	0,5
<b>PROPIEDADES TERMICAS</b>			
Temperatura de Fusion		°C	255
Conductividad termica a 23°C		W/(K-m)	0,29
<b>Coefficiente de dilatacion termica lineal:</b>			
-Valor medio entre 23 y 60 °C		m/(m-K)	60-10 <sup>-6</sup>
-Valor medio entre 23 y 100°C		m/(m-K)	80-10 <sup>-6</sup>
<b>Temperatura por deformacion por carga:</b>			
-por metodo A: 1,8MPa	75	°C	75
<b>Temperatura maxima de servicio en aire:</b>			
-en periodos cortos		°C	160
-en continuo: durante 5.000/20.000 h		°C	115/100
<b>Temperatura minima de servicio</b>			
Inflamabilidad			-20
-Indice de oxigeno	4589	%	25
-con respecto a la clasificacion UL 94 (para 3/6 mm de espeso)			HB/HB
<b>PROPIEDADES MECANICAS A 23°C</b>			
<b>Ensayo de tracción</b>			
-esfuerzo de tension para fluencia	527	MPa	90
-elongacion a la rotura			15
-modulo de elasticidad			3.700
<b>Ensayo de compresion</b>			
-esfuerzo al 1/2/5% de deformación	604	MPa	26/51/103
<b>Ensayo de fluencia a traccion</b>			
-esfuerzo necesario para producir un 1% de deformación las 1.000h	899	Mpa	26
Resistencia al impacto Charpy-sin entalla	179/1eU	kJ/m2	≥50
Resistencia al impacto Charpy-con entalla	179/1eU	kJ/m2	2
Resistencia al impacto Izod- con entalla	180/2A	kJ/m2	2
Dureza con bola	2039-1	N/mm2	170
Dureza Rockwell	2039-2		M96
<b>PROPIEDADES ELECTRICAS A 23°C</b>			
Resistencia dielectrica	60243	KV/mm	22
Resistividad volumetrica	60093	Ω-cm	>10 <sup>15</sup>
Resistividad superficial		Ω	>10 <sup>15</sup>
<b>Permeabilidad relativa</b>			
-a 100 Hz	60250		3,4
-a 1 Hz	60250		3,2
<b>Factor de perdidas dielectricas a</b>			
-a 100 Hz	60250		0,001
-a 1 MHz	60250		0,014
Indice comparativo de la resistencia a la descarga superficial (CTI)	60112		600

Fuente: ELAPLAS (s.f.)

## **b) Ventajas del PET**

Podemos encontrar muchas ventajas en las propiedades del PET, pero las más destacadas son su transparencia y su brillo lo que la hacen muy adecuada para envases de alimentos, bebidas y recipientes. Además, tiene la propiedad de usarse como barrera a distintos gases por lo tanto puede conservar sólidos y líquidos en su interior con la mayor frescura posible. También tiene la propiedad de ser muy resistente y flexible a la par que ligero, ya que los envases PET están hechos para pecar unas 20 veces menos que su contenido. La resistencia térmica es otra de sus grandes ventajas.

## **c) Reciclaje de plástico**

Debido a las propiedades del plástico PET se puede reciclar continuamente mediante distintos procesos de recogida y selección. Mediante estos métodos de limpieza y extrusión los envases PET llegan a incorporarse a la cadena de producción y así se disminuye su impacto medioambiental siendo el producto número 1 en el reciclado.

Existen 3 tipos de reciclaje:

- **Reciclaje químico:**

Mediante este tipo de reciclaje, los desechos plásticos son una gran fuente de materia prima de compuestos orgánicos valiosos. En este proceso se ha estudiado la despolimerización en donde del plástico PET, se llegará a obtener el tereftalato de bis (2-Hydroxyethyl), al utilizar el calentamiento convencional o microondas. Por este medio se demuestra que los desechos plásticos son una gran fuente de materia prima

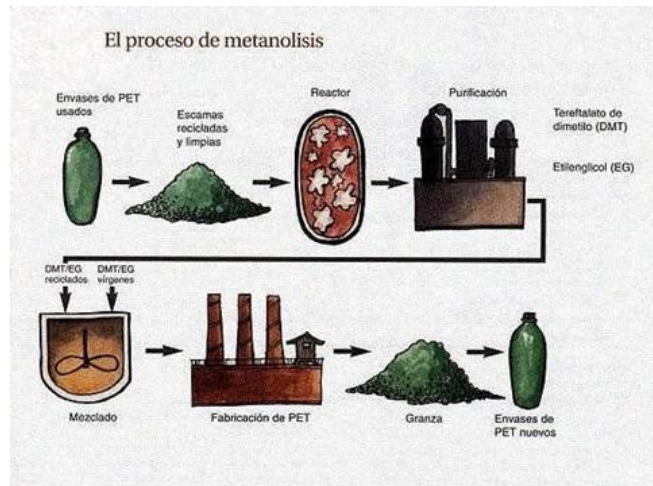


Figura 9 : El proceso de metanolisis

Fuente: Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET (ARPET) (s.f.)

- **Reciclaje mecánico:**

Este método es el más tradicional y el más empleado a nivel mundial, en este tipo de reciclaje se usarán métodos físicos de purificación y la reducción de escamas o flakes de PET, los cuales pueden ser extruidos y granulados en forma de pellets.

En la actualidad este método es muy comentado debido principalmente a la concientización medioambiental y su consecuencia directa en las políticas de Economía Circular impulsadas desde la Unión Europea han hecho que el reciclado mecánico haya ganado en importancia estos últimos años. Este método tiene dos puntos importantes que son: 1)

Conseguir separaciones más eficientes de materiales y 2) Una mejora de la calidad en el reciclado que favorezca una mayor reintroducción en el mercado



Figura 10 : Reciclado mecánico

Fuente: ECOPLAS (s.f.)

#### d) Naturaleza y Alcance del reciclaje

El reciclaje es un proceso fisicoquímico, mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado (basura), a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto. También se podría definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndose de nuevo en el ciclo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales, macro económico y para eliminar de forma eficaz los desechos de los humanos que no necesitamos. Implica dar una nueva vida al material en cuestión, lo que ayuda a reducir el consumo de recursos y la degradación del planeta. (Ecoembes, 2021).

#### e) Métodos y tratamientos para el reciclaje

El tratamiento de reciclaje puede llevarse a cabo de manera total o parcial, según cada caso, dependiendo del material, es posible obtener una materia prima, mientras que otros permiten generar un nuevo producto. El reciclaje es un proceso fisicoquímico o mecánico o trabajo que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado



(basura), a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

**f) Principios que sustentan el reciclaje**

Según Ecoembes en 2021 detalla los siguientes principios que sustentan el reciclaje:

Tabla 8 : Principios que sustentan el reciclaje

<b>Principios que sustentan el reciclaje</b>	
<b>Origen</b>	<b>Que puede ser domestico o industrial</b>
<b>Recuperación</b>	Puede realizada por empresas públicas o privadas. Consiste únicamente en la recolección y transporte de los residuos hacia el siguiente eslabón de la cadena.
<b>Plantas de transferencia</b>	Se trata de un eslabón o voluntario que no siempre se usa. Aquí se mezclan los residuos para realizar transportes mayores a menor costo (usando contenedores más grandes o compactadores más potentes).
<b>Plantas de clasificación</b>	Donde se clasifican los residuos y se separan los valorizables.
<b>Reciclador final</b>	Donde finalmente los residuos se reciclan (papeleras, plásticos)

Fuente: Elaboración Propia

**g) Contribución del reciclaje en el desarrollo de la construcción**

Según García (2021) detalla cuál es la contribución que genera el reciclaje en el sector de la construcción, así como en la siguiente Tabla:

Tabla 9 : Reciclaje en la construcción

<b>RECICLAJE EN LA CONSTRUCCIÓN</b>	
Duración	Las botellas plásticas (PET) tienen un periodo de degradación en el medio ambiente calculado en 200 a 300 años. Con lo cual se puede garantizar, por ese periodo, la estabilidad del material que contiene la tierra.
Buen aislamiento térmico	Por tener como relleno tierra y un espesor mayor a 28 cms, resulta ser un buen aislamiento térmico, generando un diseño bioclimático.
Economía	Permite un ahorro hasta de 50 % en materiales en comparación con la construcción tradicional.
Autoconstrucción	El proceso de construcción es realizado por la misma comunidad necesitada, sin necesidad de una capacitación particular.
Botellas	No hay restricción por tamaño, forma o marca de las botellas para su uso en el sistema. 6. La mayor limitación que presenta el sistema es que no tiene reglamentación, ni estudios de caracterización, a nivel mundial y nacional, que permitan determinar el comportamiento del sistema.

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.1.3. Ladrillos

Los ladrillos sirven como un elemento para realizar diversos tipos de trabajos en las edificaciones y construcciones de obra civil en general. Adicionalmente cuenta con cualidades que le permiten ser utilizado para decoración de exteriores, y un sin fin de usos más. Es uno de los materiales más utilizados junto con el cemento. Puentes Cassab, D. A. (2021)

## **a) Industria ladrillera en el Perú**

En el Perú el ladrillo ha sido por años la base de la mayoría de las edificaciones a nivel nacional, tanto en obras del estado como en obras privadas, por lo tanto, tiene una gran presencia en el sector construcción y autoconstrucción. Este último, es el que tiene mayor demanda en venta de ladrillos y son los que no saben diferenciar las diversas cualidades y funciones que tienen los distintos tipos de ladrillos. Ya que nos encontramos en un país sísmico, las edificaciones deben de construirse de una forma más segura y ser sismorresistentes, para así aminorar las consecuencias del sismo.

Por otro lado, existen un gran número de empresas clandestinas quienes ofrecen estos materiales sin pasar por un riguroso control de calidad y al usar estos materiales arriesgan vidas humanas.

## **b) Clasificación de las unidades de albañilería**

### **a. Para fines estructurales**

#### **i. Unidades sólidas o macizas**

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

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 331.017), se designó unidad de albañilería sólida o maciza, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 75% del área bruta en el mismo plano.

### **b. De acuerdo con sus propiedades**

### **i. Según la NTP 331.017**

Los ladrillos se ordenan por resistencia, indicando en su clasificación un número que simboliza la resistencia a la compresión en MPa. Se tienen 4 tipos, que serían:

- Tipo 21: Para uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.
- Tipo 17: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia al frío y a la penetración de la humedad.
- Tipo 14: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.
- Tipo 10: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

### **ii. Según la Norma Técnica E.070 del RNE.**

Debido a que el criterio principal es la resistencia a la compresión, esta clasificación toma en cuenta otros parámetros como la variación dimensional, la absorción y el alabeo. Debido a esto, se proponen 5 clases nombradas con números romanos, siendo el de clase I el de menor calidad y capacidad resistente.

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

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

**c) Manufactura (NTP ITINTEC 331.017)**

**a. Artesanal:**

Ladrillo elaborado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado se realiza a mano o con maquinaria elemental que en ciertos momentos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. La técnica de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiere a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo elaborado artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad, siendo este tipo de ladrillo el que centra el estudio.

**b. Industrial:**

Ladrillo elaborado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo elaborado industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

**d) Tipos de ladrillo (NTP ITINTEC 331.017)**

**a. Ladrillo macizo:**

Ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% o más del área bruta de la misma sección.

**b. Ladrillo perforado:**

Ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% del área bruta de la misma sección.

**c. Ladrillo tubular:**

Ladrillo con huecos paralelos a la superficie.

**e) Dimensiones y áreas (NTP ITINTEC 331.017)**

**a. Dimensiones especificadas:**

Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación.

**b. Dimensiones:**

Dimensiones reales que tiene el ladrillo.

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

**c. Área bruta:**

Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.

**d. Área neta**

Es el área bruta menos el área de los vacíos.

**f) Clasificación (NTP ITINTEC 331.017)**

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

• Tipo I:

Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

• Tipo II:

Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.

• Tipo III:

Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

• Tipo IV:

Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

• Tipo V:

Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

**g) Características generales (NORMA E.070)**

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

#### **h) Clasificación para fines estructurales (Norma E.070)**

Para el diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la NTP E.030.

#### **i) Limitaciones en su aplicación (Norma E.070)**

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la NTP E.030. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTP E.030 Diseño Sismo resistente.

#### **j) Pruebas (Norma E.070)**

##### **a) Muestreo:**

Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

##### **b) Resistencia a la compresión:**

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se realizaron los ensayos de laboratorio, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'_b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

##### **c) Variación dimensional:**

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

##### **d) Absorción:**

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo con lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613.



## **k) Propiedades del ladrillo de arcilla (NTP ITINTEC 331.017)**

### **a) Geometría: Variación de dimensiones o alabeo**

En términos generales ningún ladrillo se comporta perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas.

### **b) Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión de la albañilería ( $f'_{cb}$ ) es su propiedad más importante. En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro. Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo ( $f'_{cb}$ ), la perfección geométrica del ladrillo.

### **c) Peso específico**

A partir de ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre el peso específico del ladrillo y sus otras propiedades. Consecuentemente, se ha decidido emplear en la Norma el valor del peso específico como un criterio que permite de una manera simple, mediante ensayos fáciles de efectuar prácticamente en cualquier lugar, evaluar la calidad de ladrillo con que se cuenta.

## **2.2.1.4 Vivienda**

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) (2021), la edificación está destinada a albergar a personas o grupos familiares, en espacios cuyas características y dimensiones son

suficientes para satisfacer las necesidades y funciones de aseo, descanso, alimentación y reunión, en condiciones seguras y saludables. Las edificaciones pueden contar con espacios adicionales para su uso en actividades complementarias, y para las funciones de almacenamiento de objetos domésticos y estacionamiento de vehículos. Los espacios incluyen áreas techadas y no techadas y pueden ser provistos de manera aislada de la edificación principal dentro del predio.

El MVCS también indica que las edificaciones residenciales en zonas urbanas se edifican en áreas con zonificación residencial o zonificación compatible con el uso residencial, según lo establecido en los planes de desarrollo urbano correspondientes. No se puede edificar viviendas en zonas de riesgo no mitigable, así como en áreas de reserva naturales, recreación pública, equipamiento urbano, para la red vial, redes de instalaciones de servicios públicos, o bajo líneas de alta o media tensión. Las viviendas unifamiliares pueden edificarse en zonas rurales, adyacentes al área de trabajo rural de las personas, conforme a las características del clima y entorno, a excepción de zonas de riesgo no mitigable, declaradas por el gobierno local correspondiente.

**a) Zona bioclimática**

Según el MVCS (2021), el diseño de las edificaciones residenciales debe ser capaz de responder a las características de la zona bioclimática en la que se encuentran, según la zonificación bioclimática que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), tomando en cuenta las temperaturas y precipitaciones máximas y mínimas de la zona.

**b) Área techada mínima**

Según el MVCS (2021), las áreas techadas mínimas de las unidades de vivienda son las siguientes:

- a. El área techada mínima de una vivienda de uso colectivo, sin capacidad de ampliación (departamentos en edificios multifamiliares y/o conjuntos residenciales) es de 16.00 m<sup>2</sup>, incluye al menos el área de descanso y de aseo personal.
- b. La vivienda para grupos familiares sin capacidad de ampliación (departamentos en edificios multifamiliares y/o en conjuntos residenciales sujetos al régimen de propiedad exclusiva y propiedad común) es de 40.00 m<sup>2</sup>.
- c. La vivienda unifamiliar en su forma inicial como módulo básico de vivienda con posibilidad de expansión es de 25.00 m<sup>2</sup>, el cual debe cumplir con los requisitos básicos que permitan desarrollar las funciones de estar-cocinar-dormir, aseo y lavado, sobre el lote; debiendo mantener su condición de módulo básico hasta que sean ampliadas, para lo cual el diseño del proyecto debe considerar el terreno y el espacio adicional para la ampliación de manera integral.

Además, el MVCS indica que para el caso de las áreas mínimas de las edificaciones residenciales que se ejecuten dentro de los programas de vivienda promovidas por el Estado, aplican las normas técnicas correspondientes.

### **c) Altura mínima de los ambientes**

Según el MVCS (2021), la altura libre mínima entre el piso terminado y el cielo raso depende de la zona climática donde se ubica, no debiendo ser menor a 2.30 m. En los casos de viviendas con cubiertas inclinadas, la altura mínima indicada en el encuentro del muro con el cielo raso del techo puede reducirse hasta un mínimo de 1.80 m, siempre que la altura promedio de la habitación que cubre, corresponda al mínimo normativo. En ambientes de servicios higiénicos la altura mínima puede ser hasta 2.10 m.

#### **d) Muros y tabiques**

Según el MVCS (2021), los materiales constitutivos de los cerramientos exteriores deben ser estables, mantener un comportamiento resistente al fuego, dotar de protección acústica y evitar que el agua de lluvia o de riego de jardines filtre hacia el interior. Los acabados de pisos deben ser resistentes a la abrasión, al desgaste, y al punzonamiento, y mantenerse estables frente al ataque de ácidos domésticos. Los pisos exteriores deben ser antideslizantes. Los pisos de las cocinas deben ser resistentes a la grasa y aceite. Los materiales de acabado de los ambientes para servicios sanitarios y cualquier zona húmeda dentro de la vivienda, deben ser antideslizantes en pisos e impermeables en paredes, y de superficie lavable.

#### **e) Techos y cubiertas ligeras**

Según el MVCS (2021), se permite la instalación de cubiertas ligeras debidamente sujetas a la estructura, debiendo ser herméticas frente a lluvias y presentar una pendiente conforme a lo establecido en la Norma Técnica CE.040, Drenaje Pluvial del RNE. Además, el último techo de la edificación debe tener un comportamiento térmico que disminuye la carga térmica de la radiación solar, así como la temperatura radiante en la cara interior del elemento horizontal. Las cubiertas inclinadas deben permitir la reparación y mantenimiento.

### **2.2.2 Desarrollo Sostenible**

#### **2.2.2.1 El Ladrillo PET**

##### **a) Descripción del ladrillo PET**

Es un mampuesto de magnitudes constantes y convencionales (12.5 centímetros \* 26.2 centímetros \* 5.5 centímetros), fabricado con cemento Pórtland común, el plástico nombrado “polietileno-tereftalato” (PET) procedente de envases descartables de bebidas triturados, y aditivos. (Berreta, Gatani, Gaggino y Argüello 2016).

Esta tecnología de producción de ladrillos posibilita usar materiales no clásicos (plásticos reciclados) en forma clásica para constituir ladrillos que se usarán para realizar mamposterías. Hablamos de un componente constructivo prefabricado del tipo liviano para la implementación en envolventes, exteriores e interiores, no portantes. Se trata de un elemento constructivo prefabricado del tipo liviano para la utilización en envolventes, exteriores e interiores, no portantes. Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello, (2016).

### a.1) Máquina Picadora de PET

Este equipo está construido para triturar o picar el plástico PET. En pequeños milímetros para así poder mezclarlo con los demás elementos y formar el ladrillo de plástico reciclado PET.

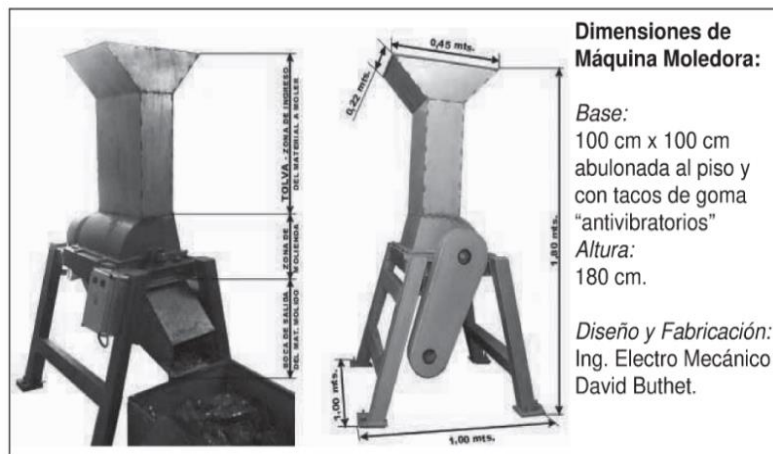


Figura 11 : Máquina trituradora

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

### a.2) Máquina para el modelo del ladrillo

La máquina puede tener diferentes dimensiones, según lo que se requiera, pero todas las máquinas tienen que ser capaces de

compactar y moldear los bloques para luego realizar su respectivo secado y el curado de estos. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).



Figura 12 : Proceso de compactación de los ladrillos PET

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello, (2016)

## **b) Proceso de fabricación de ladrillos PET**

### **a. Dosificación**

Cuando ya se cuenta el PET triturado, el siguiente paso es mezclar con el elemento con el cual se elaborarán los ladrillos PET. Para ello se tiene que tener en volúmenes las cantidades de agua, cemento y plástico necesarios según se haya calculado en la dosificación y se vierte en una hormigonera para que realice la mezcla hasta obtener que se convierta en algo uniforme. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

En caso de que se necesite la mezcla para algún tipo de uso específico, como velocidad de endurecimiento y fraguado, o algún problema con algún tipo de salitre se deberá agregar un aditivo según lo que se necesite.

## b. Moldeo

Cuando ya se cuenta con la mezcla de los ladrillos PET, se deberá lubricar el lugar donde se pondrá los ladrillos con algún tipo de líquido antiadherente, para evitar que los ladrillos tengan algún tipo de adherencia. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016). Como se observa en la Figura N°



Figura 13 : Lubricación del Piso para evitar adherencia de los ladrillos

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

Utilizando equipos de moldeo se compacta, vertiendo la mezcla en la máquina y esta va compactando y elaborando los ladrillos. Como se observa en la Figura N° 14.



Figura 14 : Máquina que compacta la mezcla

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

### c. Curado y Fraguado

Después de realizar el moldeado del ladrillo, se procede a dejar un promedio de 24 horas sobre el lugar donde se elaboró, la temperatura ideal para eso debe de estar en una media de 20 ° C. Si se cuenta con temperaturas más bajas se debe agregar algún aditivo para acelerar el fraguado o dejarlos por 24 horas más. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

Posteriormente se desmoldan y se procede a realizar el curado (debe de estar sumergido en agua por 7 días mínimo). Pasado los 28 días de haber sido creados se debe de llegar a la resistencia final, y ya está listo para poder utilizarlo en una vivienda u obra en construcción. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).



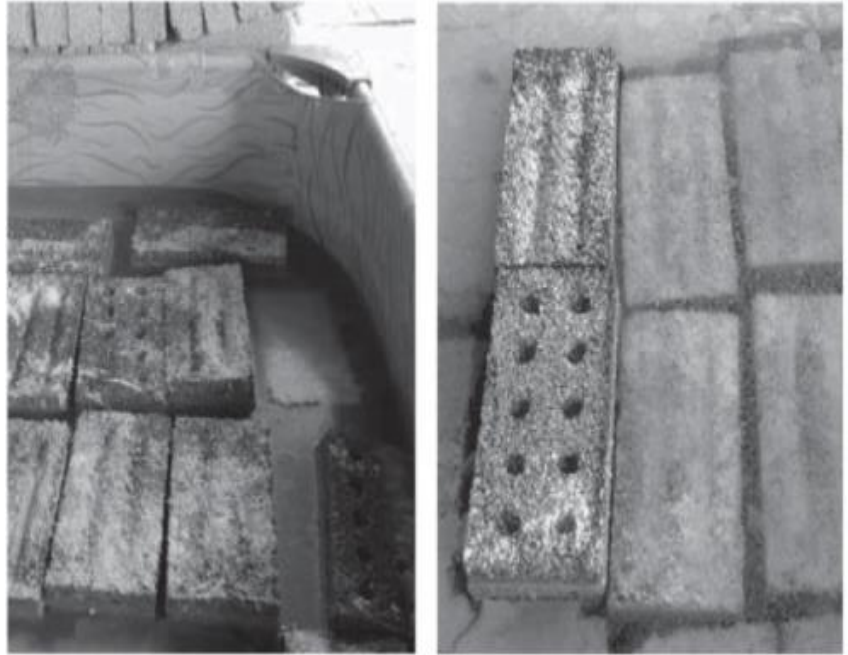


Figura 15 : Curado y fraguado de los ladrillos de plástico reciclado

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

### c) Características del ladrillo terminado

#### a. Geometría

Las dimensiones de los ladrillos pueden ser las convencionales (5.5 cm x 12.5 cm x 26.2 cm) en forma de un paralelepípedo. Para mejorar la adherencia del mortero con respecto al ladrillo, se deben variar las superficies de los ladrillos. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016). Existen 2 tipos de ladrillos:

### a.1 Ladrillos con estrías longitudinales

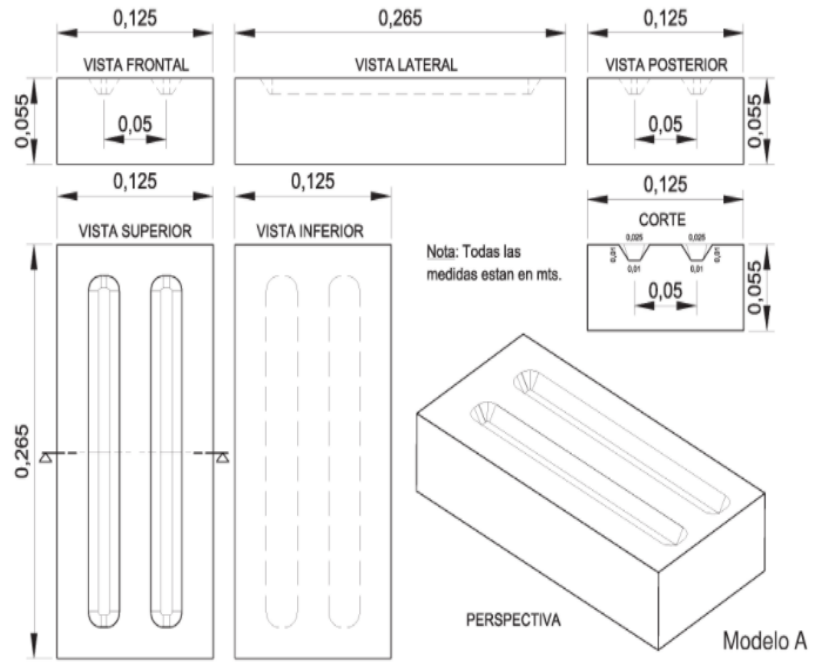


Figura 16 : Ladrillos con detalles longitudinales

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

## a.2 Ladrillos con círculos rehundidos

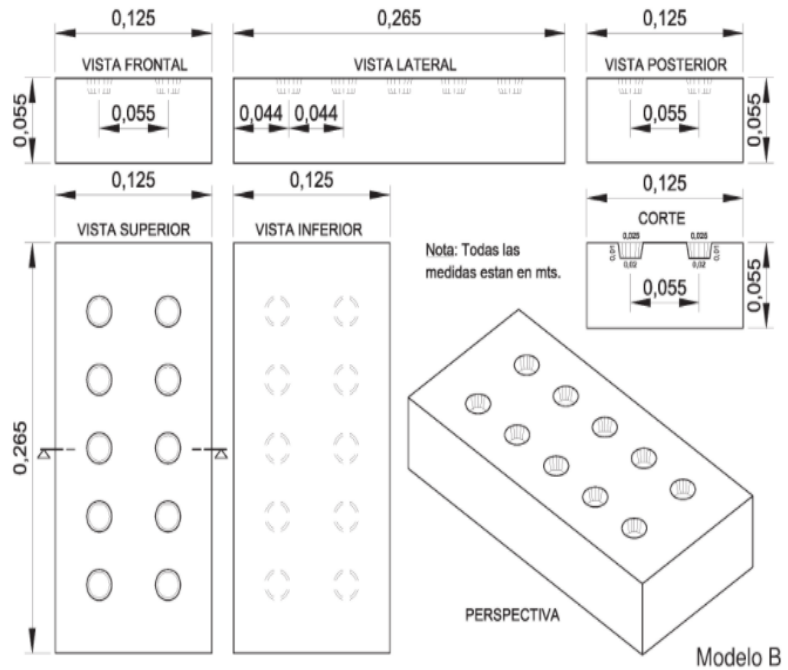


Figura 17 : Ladrillos huecos

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

### a. Textura

Los ladrillos de plástico reciclado tienen un color similar al color del cemento color gris. La textura es rugosa e irregular, ideal para recibir mortero. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016). Como se observa en la Figura N° 18

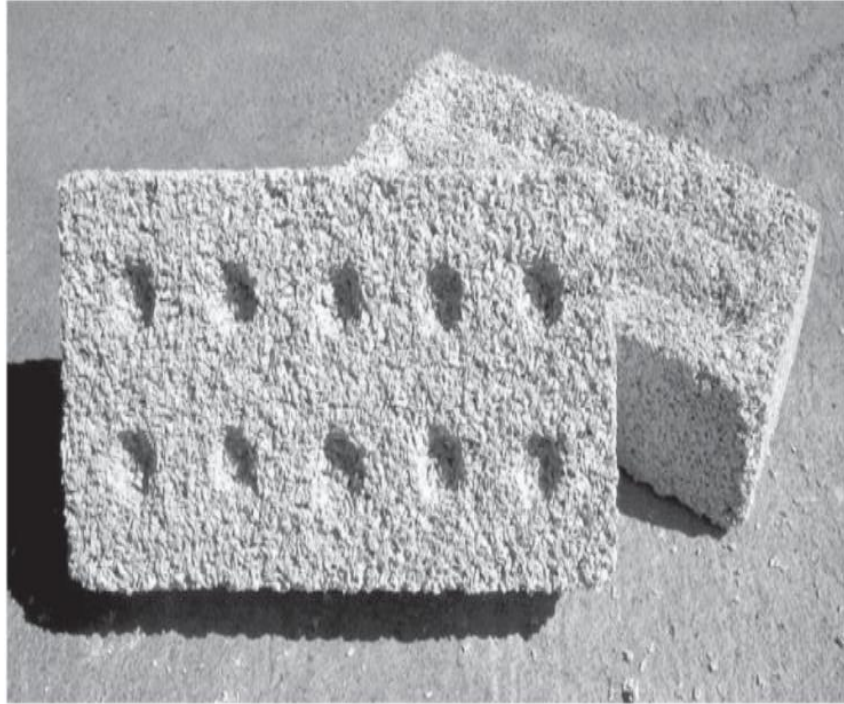


Figura 18 : Forma y textura de los ladrillos PET

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

**b. Peso**

El peso promedio es de 1.4 kg. Los ladrillos de plástico reciclado son de muy bajo peso debido al bajo peso específico del plástico. Lo que nos da un menor peso de mampostería siendo un 27% de menor peso que una mampostería de ladrillos de arcilla cocida. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

**c. Densidad**

La densidad media del ladrillo es de la magnitud de 1.150 kg/cm<sup>3</sup>. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

Como se observa en la Figura 19. Siendo:

- 1: Ladrillos de arcilla cocida.
- 2: Bloques de cerámica hueco no portante.
- 3: Bloques de hormigón no portantes.

- 4: Placa de hormigón común.
- 5: Bloques con PET.
- 6: Placas de ladrillos con plástico reciclado.
- 7: Ladrillos con films plásticos.
- 8: Ladrillos con PET.

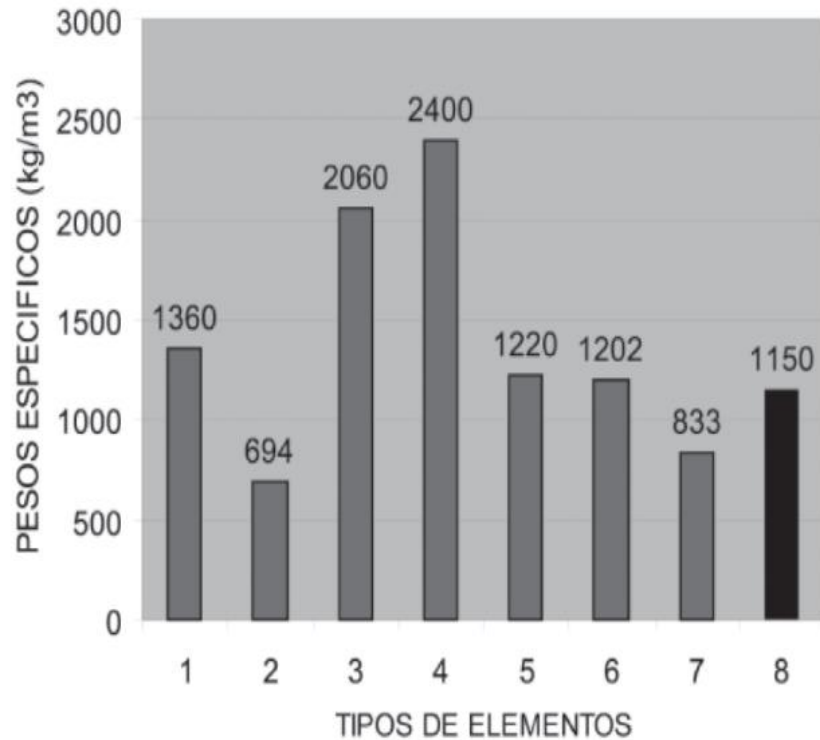


Figura 19 : Gráfico comparativo de diversos elementos constructivos

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

#### **d. Resistencia característica a la compresión**

Los ladrillos PET tienen una resistencia a la compresión del 50% con respecto a un muro construido con ladrillos convencionales. Los ladrillos reciclados pueden ser utilizados como estructura independiente antisísmica. La altura máxima que se debe construir los ladrillos PET es de 3 metros por nivel. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

### e. Resistencia Acústica

Un muro de un espesor común de 15 cm de ladrillos PET, terminado con los acabados por los dos lados tiene una resistencia acústica de 20% menor que la de un muro de las mismas características construido con ladrillos convencionales. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

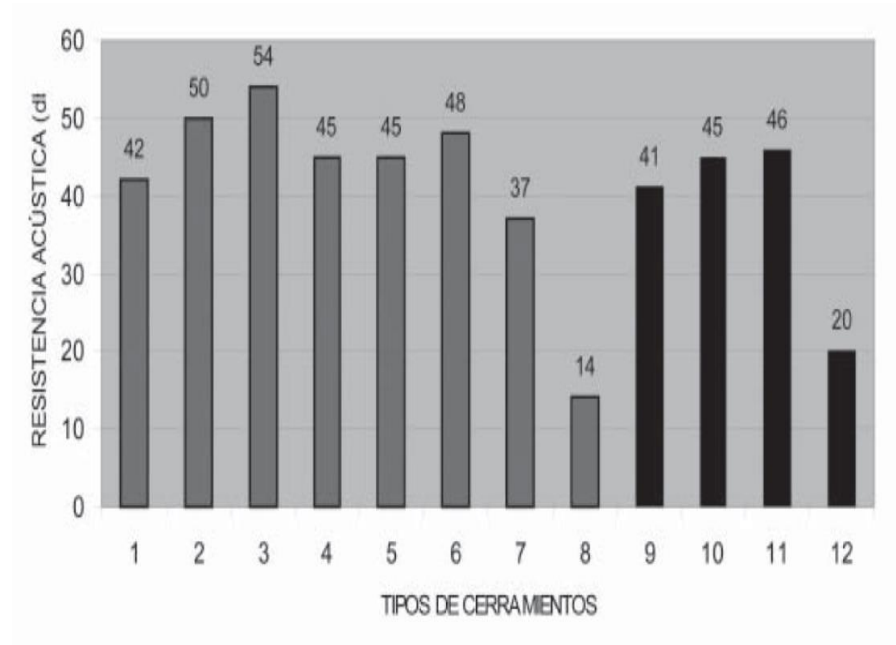


Figura 20 : Resistencia acústica en varios tipos de ladrillos

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

### f. Resistencia al fuego

El ladrillo PET tiene una clasificación de Clase RE 2: Material combustible de muy baja propagación de llama. Por lo tanto, el ladrillo PET es resistente al fuego, contrario a lo que se pueda pensar. El ensayo para determinar, se realizó en Argentina, en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

### **g. Conductividad térmica**

Los ladrillos de plástico reciclado tienen un coeficiente de 0.15 W/mK, medido en los laboratorios del INTI en Argentina. Al tener un coeficiente muy bajo de conductividad lo hace excelente aislante térmico. Esto nos da una mampostería de ladrillos PET con una aislación térmica superior a los ladrillos convencionales, para ser más exactos el doble. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

Como se aprecia en la Figura N°.

Siendo:

1: Mampostería de ladrillos de arcilla.

2: Mampostería de ladrillos cerámicos huecos.

3: Mampostería de bloques no portantes de concreto.

4: Mampostería de ladrillos PET.

5: Mampostería de ladrillos con films plásticos

Nota: los elementos cerámicos están cubiertos por ambos lados con mortero

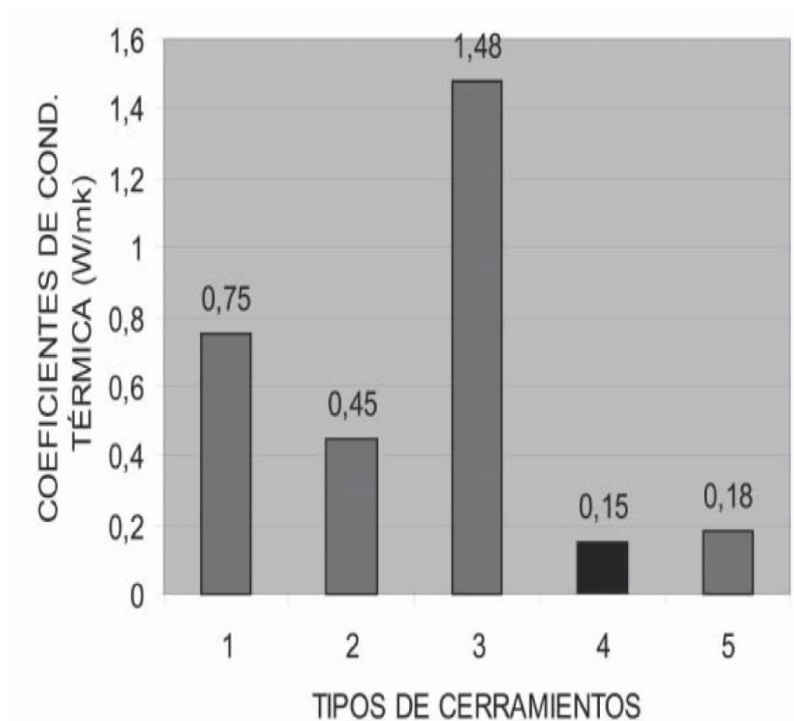


Figura 21 : Conductividad térmica de los elementos constructivos.

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

#### **h. Permeabilidad al vapor de agua**

El valor que se obtuvo en los ensayos de laboratorio realizados del INTI fue de 0.027 g/mhkPa. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016)

#### **i. Absorción del agua**

La absorción de una mampostería es la medida de porosidad de un bloque o ladrillo, por donde se puede depurar algún tipo de líquido, tendiendo a la dispersión.

Debido a que el ladrillo de plástico reciclado está conformado por botellas plásticas, no absorberá ningún tipo de líquido de su alrededor, teniendo la característica de impermeable, evitando la disgregación del material, siendo este un gran problema en tipos de mampostería tradicional.



Si se realiza un comparativa entre los ladrillos tradicionales y el ladrillo PET la diferencia no es mucha en cuanto a la absorción, siendo 21.6% del primero y 19.1% del segundo. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

Como se observa en la Figura 22 siendo:

- 1: Ladrillo tradicional
- 2: Bloque no portante de concreto
- 3: Bloque con PET
- 4: Ladrillo de plástico reciclado
- 5: Ladrillos con films plásticos

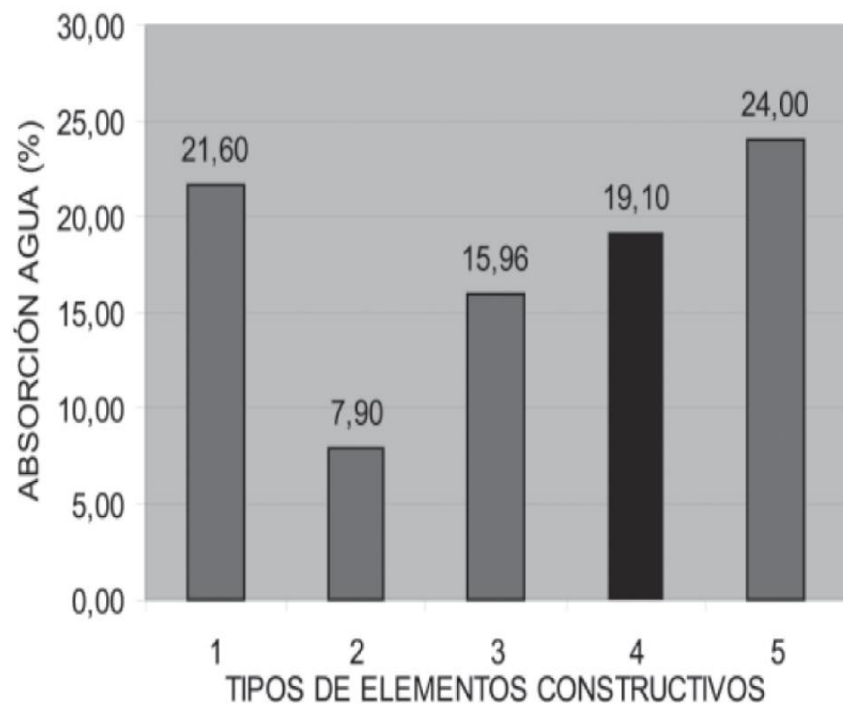


Figura 22 : Absorción de agua en elementos constructivos

Fuente: Berretta, Gatani, Gaggino y Argüello (2016).

#### **j. Adherencia de revoques**

Los ensayos realizados en el Laboratorio del INTI determinan que para la adherencia de revoques se tiene un valor de 0.25 MPa, lo que lo hace muy trabajable con los morteros por su gran rugosidad superficial. Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016).

#### **2.2.3 Construcción Sostenible**

El sector de la construcción es uno de los más prósperos en el desarrollo económico y social de un país, sin embargo, es uno de los que más degradan nuestro planeta tierra, debido a que no se tiene una economía circular en este sector, por lo tanto, utiliza gran parte de los recursos naturales para su desarrollo y genera un daño al ecosistema.

Es por ello que una construcción sostenible debe buscar cualquier acción que reduzca la probabilidad de daño al medio ambiente, en todas sus etapas, no solo al finalizar la construcción sino también cuando esta requiera cualquier tipo de mantenimiento, extendiendo su tiempo de vida y así no volver a usar tantos recursos del medio ambiente.

Una construcción que quiere llegar a ser sostenible debe cumplir los siguientes principios ecológicos.

- i.** Conservar los recursos que se llegan a utilizar
- ii.** Tener una cultura de reutilización de los recursos que se van a emplear.
- iii.** Emplear elementos estructurales que utilicen su materia prima de algún proceso de reciclaje, sin que éste afecte a los requerimientos de la vivienda.
- iv.** Reducir el alto consumo de energía eléctrica
- v.** Salvaguardar el medio ambiente.

- vi. Incentivar a las personas que habitarán la edificación para que tengan un mejor consumo de los recursos renovables e incentivar al reciclaje.

#### **2.2.3.1 Construcción Sostenible con Ladrillos PET**

Realizar una construcción con ladrillos de plástico reciclado se considera como sostenible debido a que se reutilizan las botellas de plástico, que de otra manera acabarían en alguna parte de nuestro ecosistema y harían un daño tanto a la fauna como a la flora.

La obtención del material de relleno de los ladrillos de plástico reciclado no tiene un impacto negativo al medio ambiente, debido a que se puede utilizar la tierra de las excavaciones donde se va construir la edificación, decreciendo el uso desmedido de derivados del petróleo o recursos no renovables que son tan indispensables para la construcción de mamposterías tradicionales.

#### **2.2.3.2 Climograma de Givoni**

El diagrama de Givoni es una forma sencilla de definir las estrategias para un diseño adecuado de la zona de confort de la vivienda. Con simples inputs como la característica climatológica del lugar. Baruch Givoni es el creador de este diagrama. Miceli, A. (2016).

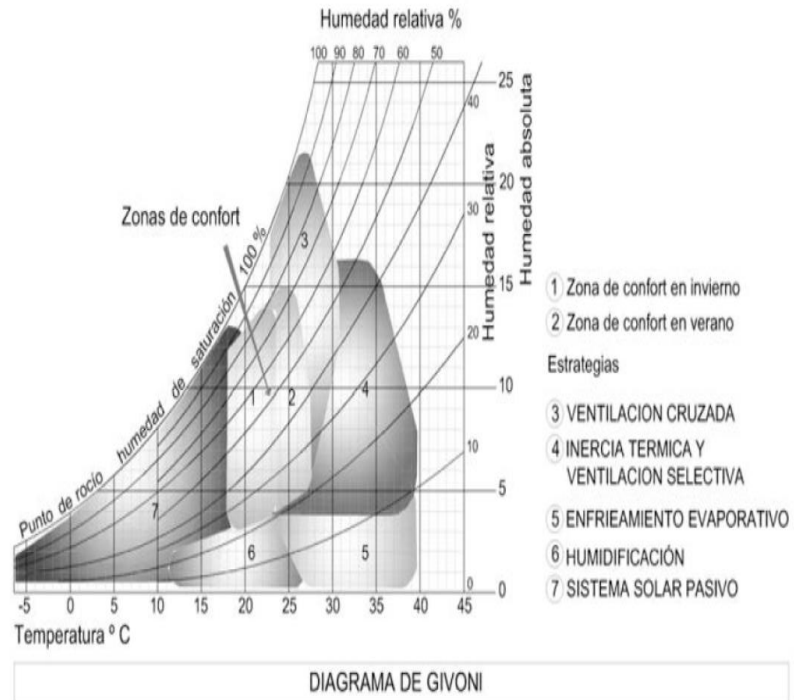


Figura 23 : Diagrama de Givoni

Fuente: Miceli, A. (2016). Arquitectura sustentable: más que una nueva tendencia, una necesidad. Editorial Nobuko.

Dentro de la Figura N°23 se establecen siete zonas, donde la zona 1 y 2 entran en la zona de confort adecuada tanto para el verano como para el invierno, siendo el rango de temperatura 20 y 28 grados con una humedad relativa que oscila entre 20% al 80%. Miceli, A. (2016).



Figura 24 : Gráfico de síntesis del diagrama de Givoni

Fuente: Miceli, A. (2016). Arquitectura sustentable: más que una nueva tendencia, una necesidad. Editorial Nobuko.

### 2.2.3.3 Estrategias Bioambientales

Utilizan el sol o los recursos naturales a favor de la sostenibilidad de la vivienda. Recomienda utilizar ventilaciones cruzadas en verano y sistema solar pasivo en invierno. Para que estas estrategias funcionen se debe tener un material adecuado para la conductividad térmica y que aproveche el sol. Miceli, A. (2016).

Tabla 10 : Estrategias bioambientales en verano y en invierno

<b>Estrategias bioambientales</b>	
<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>
La protección por medio de vegetación de hoja caduca	La penetración solar en los ambientes principales, como mínimo 2 horas diarias 2/3 de la superficie.
El uso de parasoles	La protección de la envolvente para evitar las pérdidas de calor y los puentes térmicos.
La protección de paredes y techos de la radiación solar directa	
La generación y aprovechamiento de las sombras	
La reducción de las fuentes de calor internas	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11 : Estrategias bioambientales, Clima cálido húmedo

Fenómeno	Estrategia bioclimática	Respuesta arquitectónica
Asoleamiento	Generación de sombras en superficies	Pérgolas
		Quiebra-soles horizontales y verticales
	Evitar la incursión solar en los espacios	Arborización urbana
		Orientación de la edificación
		Elementos de protección solar en las fachadas
		Reducir las superficies de vidrio expuestas
Evitar acumulación térmica en superficies	Evitar grandes vanos abiertos a oriente y occidente	
	Arborización urbana	
	Superficies blandas	
	Evitar grandes áreas abiertas en piso duro	
	Colores claros en acabados exteriores	
	Materiales de alta inercia térmica a oriente y occidente	
Ventilación	Renovaciones de aire	Aislamiento térmico por cubierta
		Barreras radiantes en superficies expuestas
		Alturas libres generosas (superior a 2.80m)
		Áreas abiertas en fachada para ventilación
	Control de Humedad	Diferencia de altura entre vanos abiertos
		Espacios con fachadas opuestas abiertas
Renovaciones mínimas según norma		
Amplias renovaciones de aire interior		
Control de Humedad	Ventilación en áreas de servicio como baños, cuartos de aseo y cocinas.	
	Manejo adecuado de las aguas lluvias	
	Evitar acumulación de humedad en superficies exteriores como pavimentos o andenes	
	Generar corrientes de aire en áreas comunes (corredores, salas de espera, cafeterías)	

Fenómeno	Estrategia bioclimática	Respuesta arquitectónica
Iluminación	Captación de iluminación natural	Vanos orientados a fachadas norte y sur Vacios interiores para captación de iluminación Claraboyas o tragaluces
	Manejo de superficies	Acabados en color claro al interior Superficies opacas en pisos para evitar reflejos Acabados lisos en cielos para aumentar el componente reflejado interior Evitar grandes vanos abiertos a oriente y occidente
	Iluminación integrada	Diseño del sistema de iluminación artificial en función de la iluminación natural Cumplimiento de niveles de iluminación según norma técnica Evitar áreas de trabajo lejos de las fachadas Sistemas eficientes de iluminación
Acústica	Aislamiento acústico	Aislamiento de áreas técnicas (cuarto de máquinas) Control de ruido de maquinaria interna (bombas hidrosanitarias, planta eléctrica, etc.) Detalles arquitectónicos en espacios técnicos Superficies absorbentes de vibraciones (caucho o neopreno)
	Acondicionamiento acústico	Superficies absorbentes en áreas comunes Barreras vegetales para ruido exterior
Eficiencia energética	Acondicionamiento térmico	Zonificación del aire acondicionado según necesidades Equipos de refrigeración de alta eficiencia Reducción del asoleamiento para carga térmica Equipos de iluminación de alta eficiencia

Fuente: Miceli, A. (2016).

#### 2.2.3.4 Asolamiento

El sol es esencial para la vida en el planeta tierra, la energía que emite llega al planeta tierra y se percibe en forma de luz y calor, crea las condiciones ideales para que se prolifere la vida en el planeta, el calor del sol origina los vientos y hace posible el ciclo del agua. Miceli, A. (2016).



### ● **Trayectoria Solar**

La trayectoria del sol es que está en función de muchas variables entre ellas: el ángulo que forma con el eje de rotación de la tierra con el plano de la trayectoria de traslación con respecto al astro. Todas estas inclinaciones producen las estaciones del año. Durante el verano en el hemisferio Sur el amanecer se produce de Sureste (Alrededor de las 6:00) y se produce el ocaso se Suroeste (alrededor de las 18:30), en invierno el amanecer se produce por el Noroeste (alrededor 06:15) y el ocaso se produce de Noroeste (alrededor de 18:00). En equinoccios de primavera y otoño hay un cambio en el ocaso y en el amanecer produciéndose por el oeste en el primero y por el Este en el segundo. Miceli, A. (2016).

#### **2.2.3.5 Definidores climáticos**

Según Serra Florensa, R. y Coch Roura, H. (2019). Nos detalla cuales son las temperaturas recomendadas y la renovación del aire, si se encuentra en la estación de invierno.

Tabla 12 : Temperatura y renovación de aire en invierno

<b>TEMPERATURA Y RENOVACIONES DE AIRE EN CONDICIONES DE INVIERNO</b>			
<b>Tipo de local</b>	<b>temperatura (°C)</b>	<b>Renovación de aire (m<sup>3</sup>/h·pers.)</b>	
<b>Vivienda</b>			
dormitorios	16 - 18	30	2
sala de estar	18 - 20	35 - 40	2
cocinas	15 - 18	40 - 45	3-8
baños	20 - 22	35 - 50	2-3
<b>Hospitales</b>			
consultorios	19	45 - 50	3
salas de operaciones	25	75 - 100	3-5
habitaciones de enfermos	18 - 21	30 - 60	3 - 4
<b>Oficinas</b>			
despachos individuales	18 - 19	32 - 40	2-4
salas colectivas	17 - 19	30 - 45	2-5
<b>Escuelas</b>			
aulas	18	25 - 35	2-3
comedores	16 - 19	40 - 50	3-4
<b>Otros</b>			
teatros	17 - 20	15 - 20	1
iglesias	12 - 26	12 - 16	1
industrias	12 - 17	20 - 80	2-5

Fuente: Elaboración Propia

En condiciones de verano es donde se tiene una condición crítica debido a las altas temperaturas y la humedad, es por ello que se produce una sensación térmica mucho mayor a la temperatura ambiente. Serra Florensa, R. y Coch Roura, H. (2019).

Tabla 13 : Temperatura y humedad para el verano

TEMPERATURA Y HUMEDAD DE AIRE EN CONDICIONES DE VERANO		
Tipo de local	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Viviendas	25 - 27	50 - 55
Oficinas	25 - 26	50 - 60
Iglesias/teatros		
restaurantes/cines	24 - 27	45 - 55
Tiendas/bares	26 - 28	40 - 55
Estaciones	24 - 27	40 - 55
Aviones	23 - 25	47 - 53
Bibliotecas/museos	23 - 24	47 - 53
Locales en regiones muy cálidas		
	Tint > Text - 10	

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 Definición de términos

- i.** Desarrollo Sostenible: La sostenibilidad implica conciencia, sensibilidad, responsabilidad, cambios políticos y actitudes ciudadanas, aspectos éticos y culturales, así como patrones de consumo y estilos de vida
- ii.** Economía Circular: La economía circular pretende que nuestros productos estén siempre en circulación, no solo ampliando su vida útil sino consiguiendo que, tanto durante esta como una vez que se acabe, sirvan para generar nuevos productos.
- iii.** Medio ambiente: Se puede conceptualizar al Medio Ambiente como todo eso que nos circunda, y que comprende no solo a los recursos del medio natural (árboles, flores, agua), sino además a recursos sociales (aquellas cosas que son producto del ser humano y que lo integran).
- iv.** Reciclar: Proceso por el cual se transforma un residuo sólido para tener un nuevo uso o regresar a su forma original.
- v.** Residuo sólido: Todo tipo de material, orgánico o inorgánico, de naturaleza compacta, que ha sido desechado luego de consumir su parte vital.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Tipo y Nivel**

#### **3.1.1 Tipo**

En términos de Hernández, Fernández y Baptista (2014) una investigación de tipo aplicada es aquella que tiene como propósito la resolución de problemas, tal es así que la presente investigación buscará proponer una alternativa de solución ante la falta de viviendas que soporten las bajas temperaturas en Tablada en el distrito de Villa María del Triunfo.

#### **3.1.2 Nivel o alcance**

Hernández, Collado y Lucio (2014) en su libro de “Metodología de la Investigación” expone que la investigación por su nivel de profundidad puede ser exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa. El nivel descriptivo no manipula datos. En este estudio se describieron las propiedades de los elementos que forman la estructura para diseñarlo; además se procedió a diseñar el sistema estructural.

### **3.2 Diseño de Investigación**

#### **3.2.1 Diseño**

El enfoque cuantitativo presenta diferentes tipos de diseño de investigación, tales como el diseño experimental y el no experimental. “Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.” (Hernández et al.,2014, p.130). Por lo anteriormente enunciado se determina que la presente investigación emplea el diseño experimental.

### **3.3 Población y Muestra**

#### **3.3.1 Población de estudio**

La población de estudio considerada para la presente investigación estará compuesta por los pobladores de Tablada en Villa María del Triunfo que no cuentan con viviendas aislantes térmicas.

### **3.3.2 Diseño Muestral**

La población de estudios considerada para la presente investigación estará compuesta por los pobladores de Tablada en Villa María del Triunfo que tengan problemas con las bajas temperaturas.

### **3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos**

Según el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) y de los padrones de población del Distrito de Villa María del Triunfo, se verificarán que viviendas se encuentran en extrema pobreza.

Siendo las Técnicas la manera como se van a obtener los datos y las herramientas de recolección los medios materiales por medio de los cuales se hace viable la obtención de la información solicitada para la averiguación y al ser dichos dependientes del tipo de indagación, se ha definido como aparatos y técnicas primordiales para la recolección de datos:

- Observación directa: Como resultado del uso de softwares de diseño, tales como el ETABS, empleado para el modelamiento de la vivienda ecológica.
- Análisis de documentos: Adicionalmente a la observación directa, se utilizarán estudios previos con las propiedades físicas de los ladrillos.

## **CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1 Características generales**

La presente investigación consiste en el diseño y análisis de una vivienda unifamiliar ecológica de 90 m<sup>2</sup> en el departamento de Lima, Distrito de Villa María del Triunfo en la zona de La Tablada en donde se realizará una vivienda unifamiliar diseñada mediante ladrillos PET.

En esta investigación se está considerando el uso de ladrillos PET por el motivo que en la época de invierno esta zona de La Tablada llega a temperaturas muy bajas y las lluvias son muy regulares, debido a esto las viviendas que están construidas de eternit, calamina, triplay, etc. son las más afectadas y más propensas a dañar a las personas que viven en su interior.

#### **4.1.1 Ubicación del desarrollo del caso**

El lugar se encuentra ubicado en la ciudad de Lima en el Distrito de Villa María del Triunfo. Este distrito es uno de los más extensos y más poblados de los 43 que conforman la provincia de Lima. Tiene una altura de 158 m.s.n.m de unos 70.52km<sup>2</sup> de extensión y más de 451 mil habitantes aproximadamente. Limita al norte con el distrito de San Juan de Miraflores; al este, con el distrito de la Molina; al sur, con los distritos de Pachacamac y Lurín; y al oeste, con el distrito de Villa El Salvador.

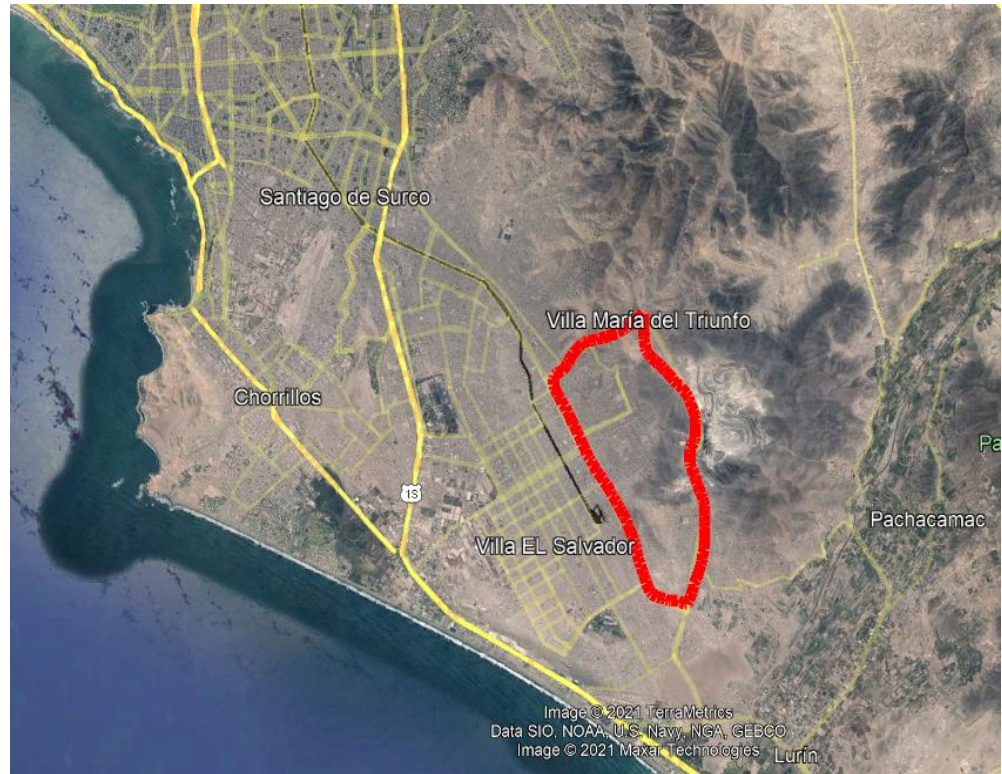


Figura 25 : Mapa de ubicación de Tablada

Fuente: Google Earth (2021)

#### 4.1.2 Microclima en la zona

Por su ubicación geográfica y características el clima de esta zona es clasificado como subtropical costero, desértico y húmedo, con una alta humedad atmosférica (humedad relativa de 95 a 99 %) y lluvias constantes en la temporada de invierno. La temperatura media anual es de 18,2 °C, teniendo una mínima de 11 a 15 °C en los meses de invierno llegando a una temperatura máxima de 28 a 29 °C en los meses de verano. Por lo tanto, cabe señalar que la Zona de La Tablada se encuentra en una loma la cantidad de humedad, neblina y llovizna aumenta y la temperatura en invierno desciende hasta los 6 a 9°C.



Figura 26 : El invierno en Ticlio Chico.

Fuente: Diario El comercio

Las corrientes del pacífico sur se caracterizan por ser frías, tal es el caso de la corriente Humboldt que cubre gran parte del territorio costero del Perú. Siendo este el que trae consigo vientos fríos a la zona de Tablada. La velocidad que tienen estos vientos varía entre 15 a 10 km/h y esto varía según la época del año.



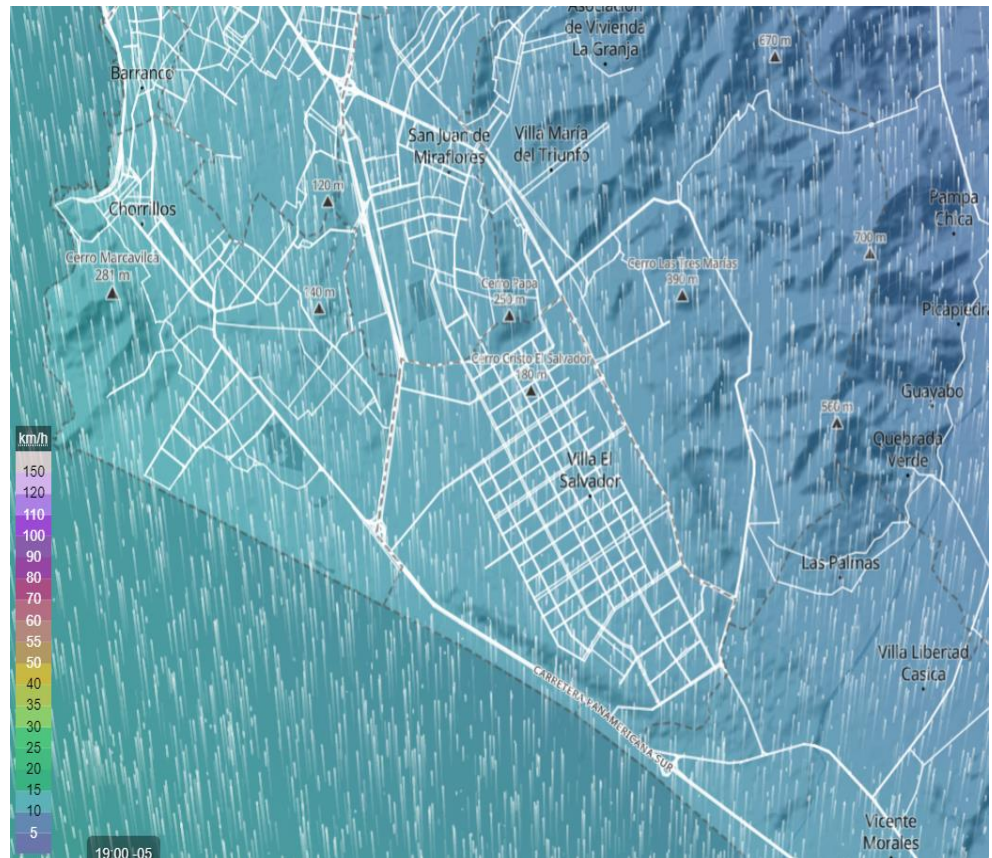


Figura 27 : Mapa de vientos en Lima

Fuente: Meteoblue (2021)

#### 4.1.3 Dosificación del ladrillo PET

Para el diseño de la dosificación se tomará los porcentajes de la tesis de Valdivia (2019), en el cual se realizaron tres tipos de porcentajes del PET. Llegando a elegir las dosificaciones de PET 100%: arena gruesa 0%, PET gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33%.

## 4.2 Diseño de la vivienda ecológicas

### 4.2.1 Diseño Arquitectónico

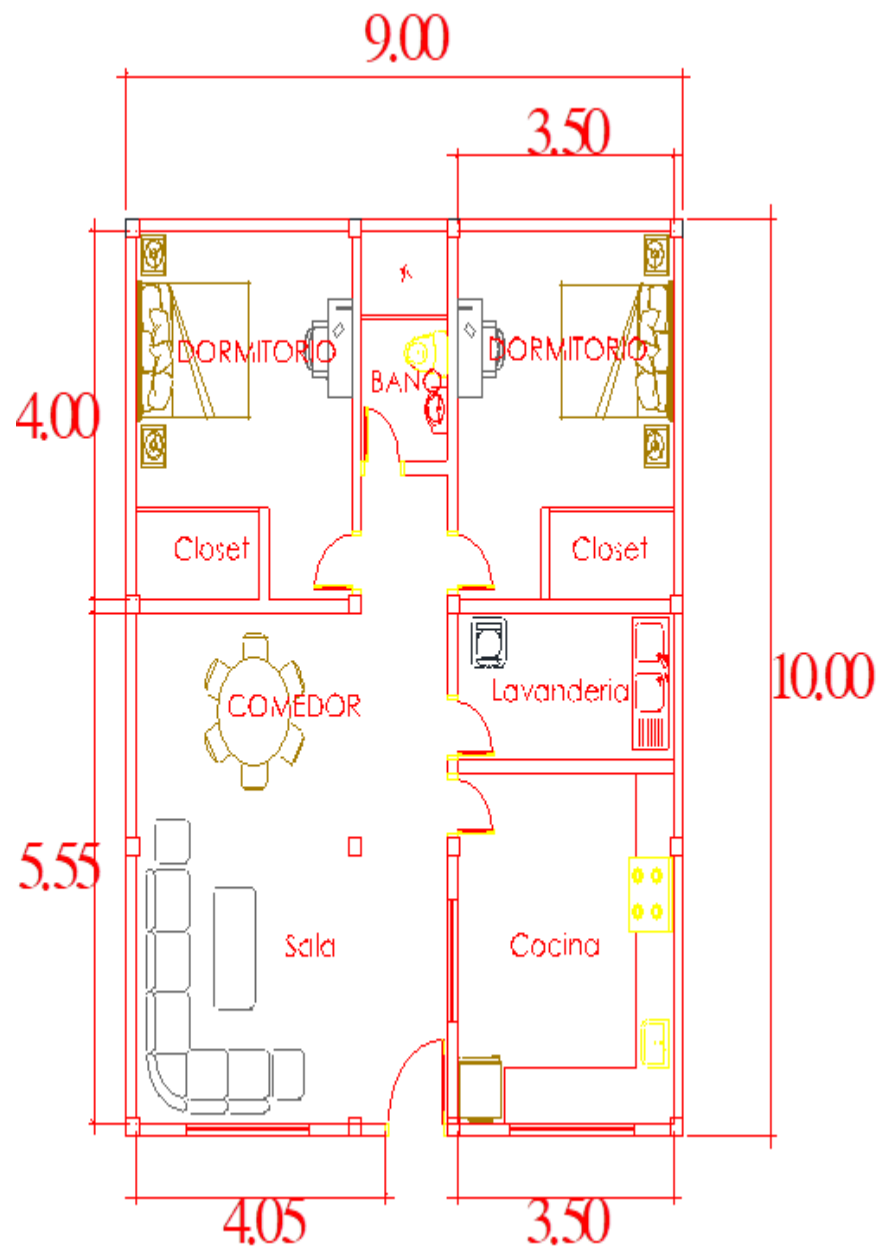


Figura 28 : Detalle arquitectónico

Fuente: Elaboración propia utilizando el software Autocad 2020

#### 4.2.1.1 Distribución de la vivienda

Al ser una vivienda unifamiliar se optó por brindarle de 3 habitaciones, 2 baños, una sala y una sala comedor. Los cuartos cuentan con un área aproximada de 9 m<sup>2</sup> cada uno.

#### 4.2.1.2 Detalle de acabados

##### a) Muros

Los acabadores en los muros serán revestidos con concreto debido a que esto hace que se incremente las propiedades de conductividad térmica en el ladrillo de plástico PET. Y que los que habitan la vivienda tengan mejores problemas por las bajas temperaturas de la zona.



Figura 29 : Revestimiento de muro

Fuente: Cemento INKA

b) Techo

Se optó por utilizar un techo prefabricado de la marca TUPEMESA debido a que cuenta con materiales livianos y duraderos. Para que la vivienda no pierda su temperatura con facilidad en los meses de menor temperatura se optó por utilizar Poliestireno expandido. Para así mantener una temperatura adecuada para los habitantes. Detalles en los anexos 2 y 3.



Figura 30 : Aislación térmica con poliestireno expandido

Fuente: Ingelea

c) Ventanas y puertas

Las ventanas y puertas deben contar con burletes para evitar la pérdida de calor por los espacios que puedan existir entre la puerta y el piso o entre el alféizar y las ventanas.

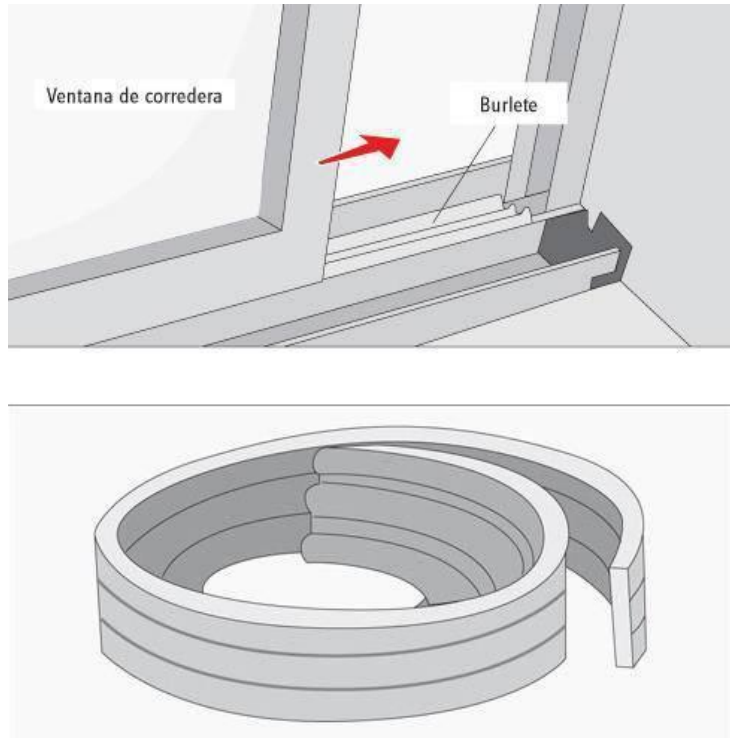


Figura 31 : Instalación de burletes para propuestas y ventanas

Fuente: Efimarket

#### 4.2.1 Diseño Estructural

##### 4.2.2 Características de los Materiales

En la vivienda unifamiliar se emplearán los siguientes materiales como parte de los elementos estructurales.

- Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para la viga y la zapata de columnas
- Concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  para sobrecimientos
- Tabiquería de ladrillos PET.
- Acero de 3/8" y 5/8" como refuerzo de zapata y ganchos en sobrecimientos.

##### 4.2.3 Dimensionamiento de las vigas y columnas

Según la NTP 0.30 se optó por una viga chata y una columna de 20\*20 cm, debido a que la vivienda no soportará muchas cargas muertas,

siendo la única el techo de calamina que su peso se puede considerar como despreciable.

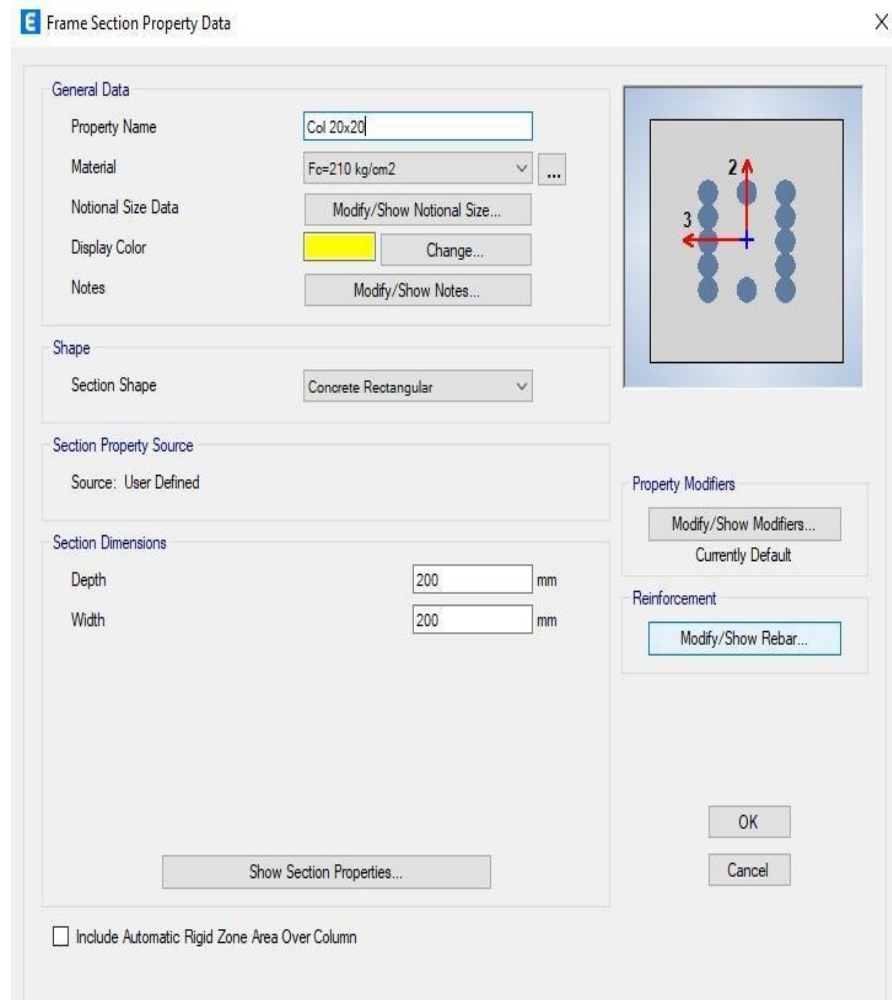


Figura 32 : Dimensionamiento de las Columnas

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

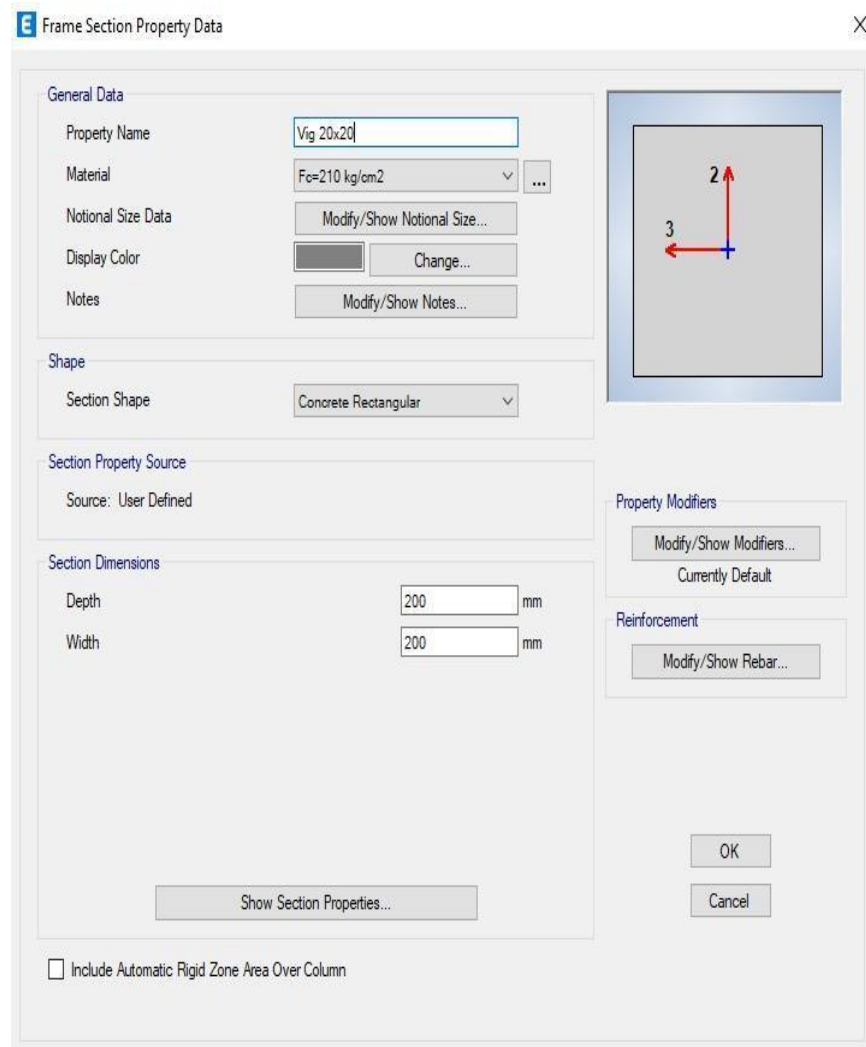


Figura 33 : Dimensionamiento de las Columnas

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

**E** Material Property Data X

---

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

---

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kN/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  kg/m<sup>3</sup>

---

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  MPa

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

---

**Design Property Data**

---

**Advanced Material Property Data**

---

Figura 34 : Ingreso de las propiedades del acero

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS



**E** Material Property Data ✕

---

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

---

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kN/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  kg/m<sup>3</sup>

---

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  MPa

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  MPa

---

**Design Property Data**

---

**Advanced Material Property Data**

---

**Modulus of Rupture for Cracked Deflections**

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified

---

Figura 35 : Ingreso de las propiedades del concreto

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

**E** Material Property Data X

---

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

---

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kN/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  kg/m<sup>3</sup>

---

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  MPa

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  MPa

---

**Design Property Data**

---

**Advanced Material Property Data**

---

Figura 36 : Ingreso de las propiedades de albañilería

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

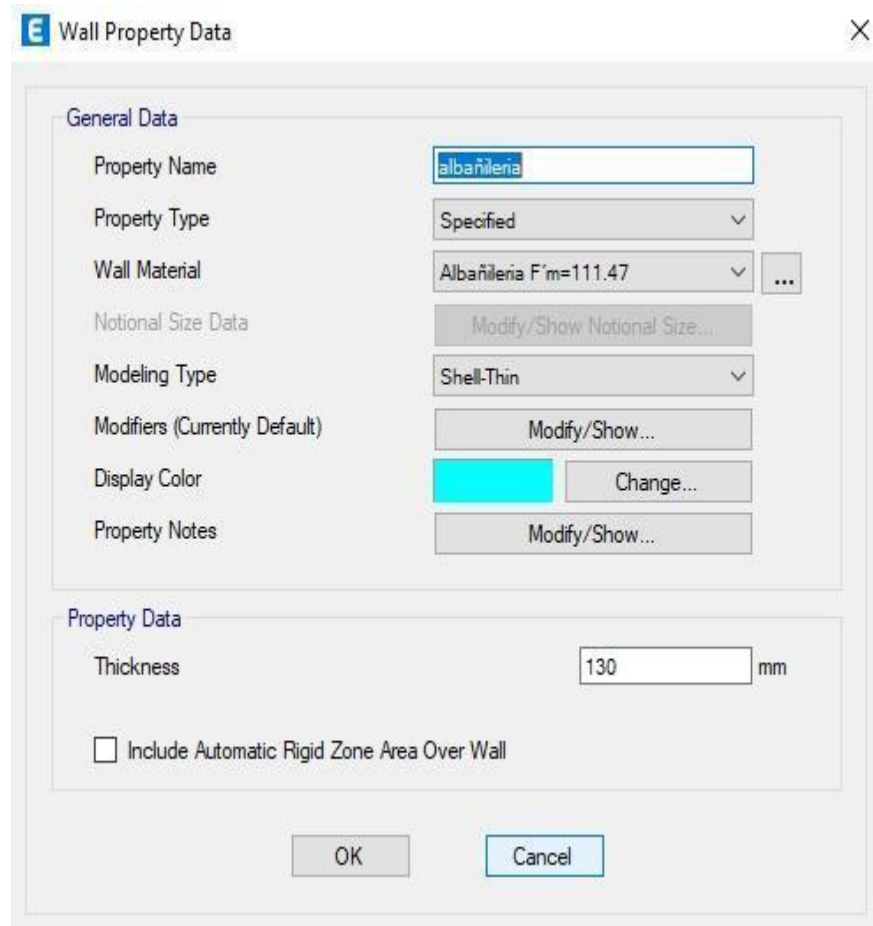


Figura 37 : Ingreso de las propiedades de albañilería

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

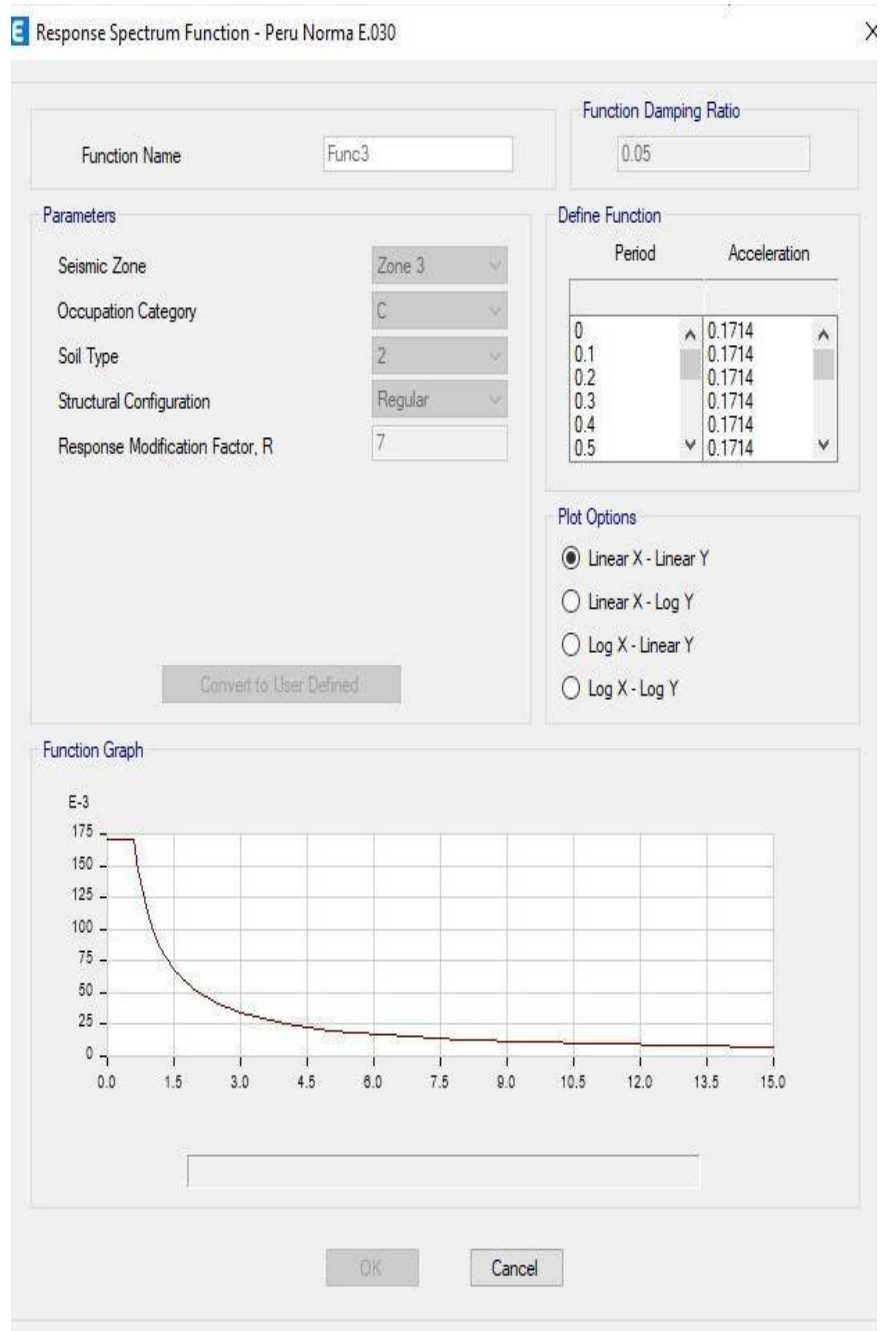


Figura 38 : Ingreso de los parámetros sísmicos – Cortante basal

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

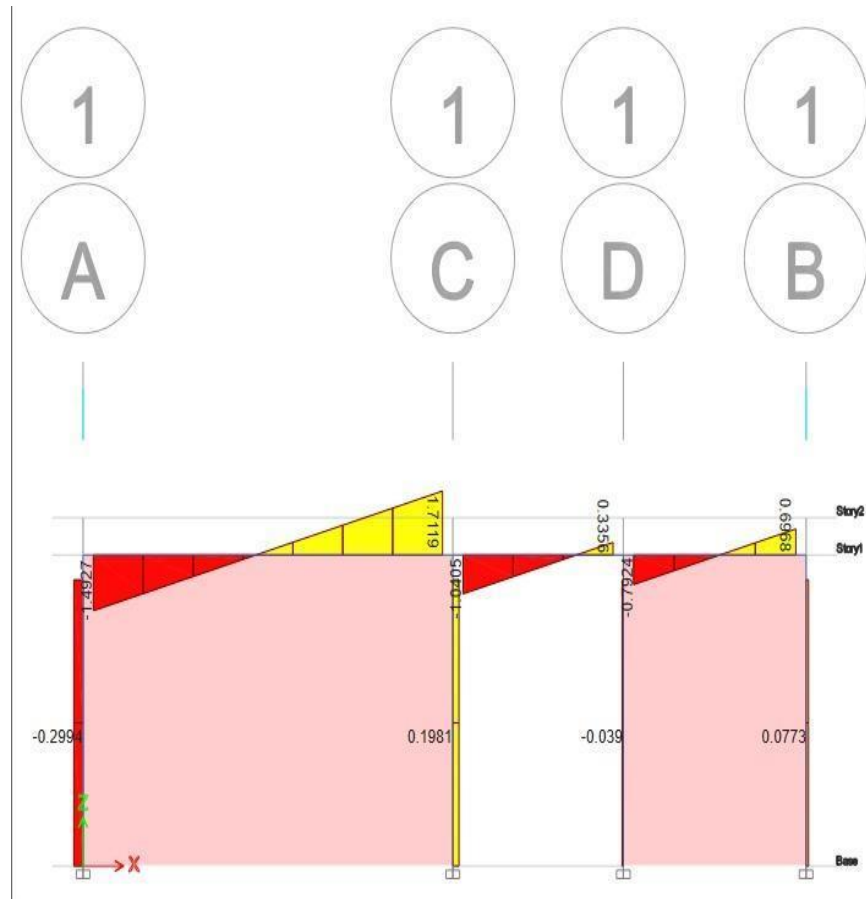


Figura 39 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje 1-1

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

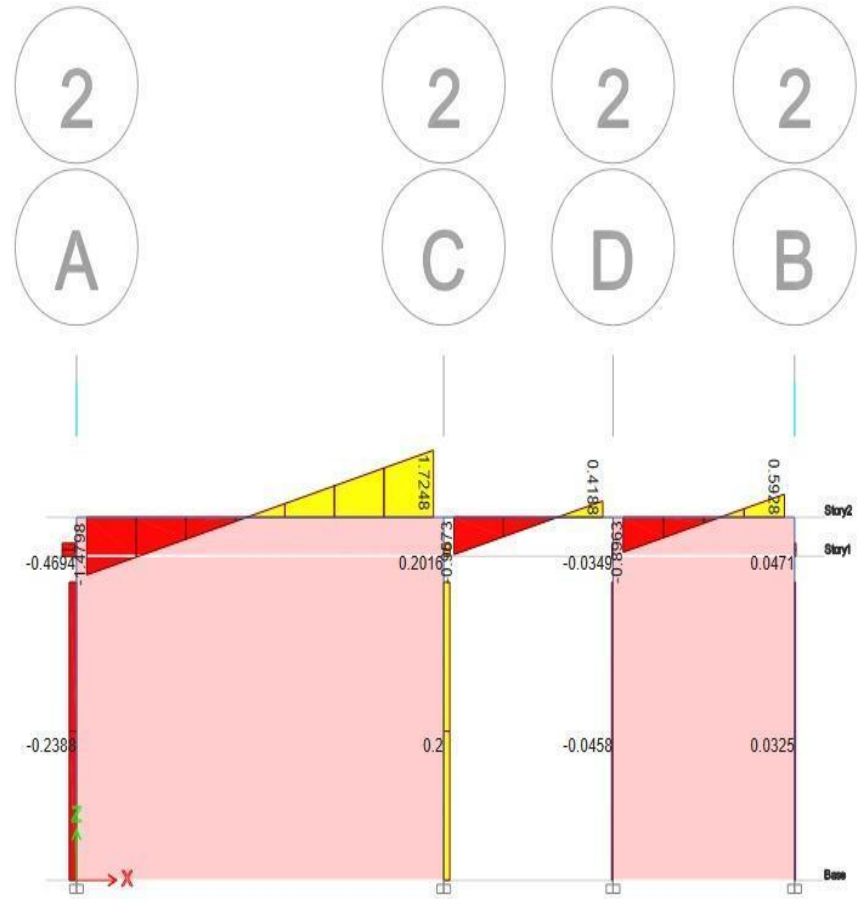


Figura 40 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje 2-2

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

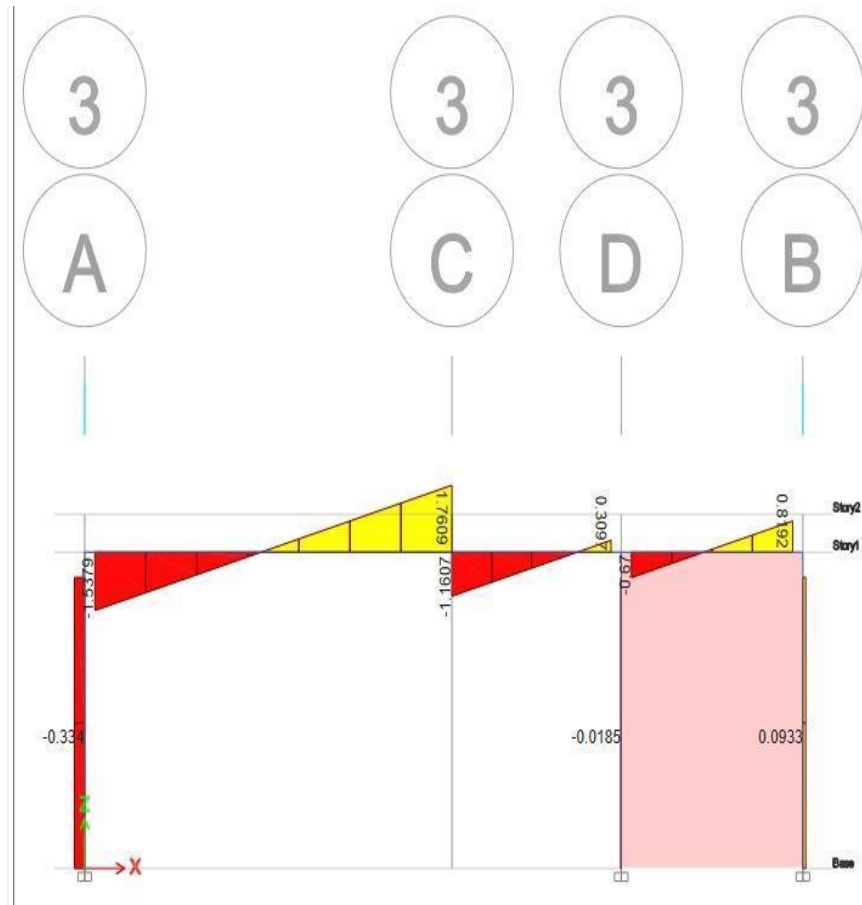


Figura 41 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje 3-3

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

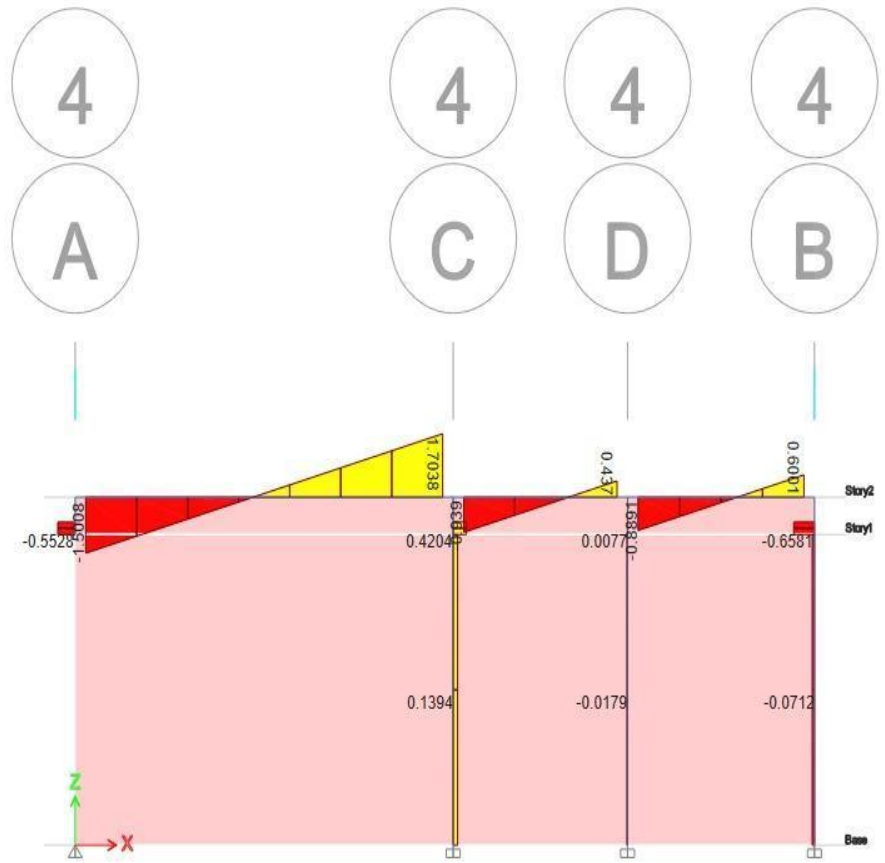


Figura 42 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje 4-4

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS



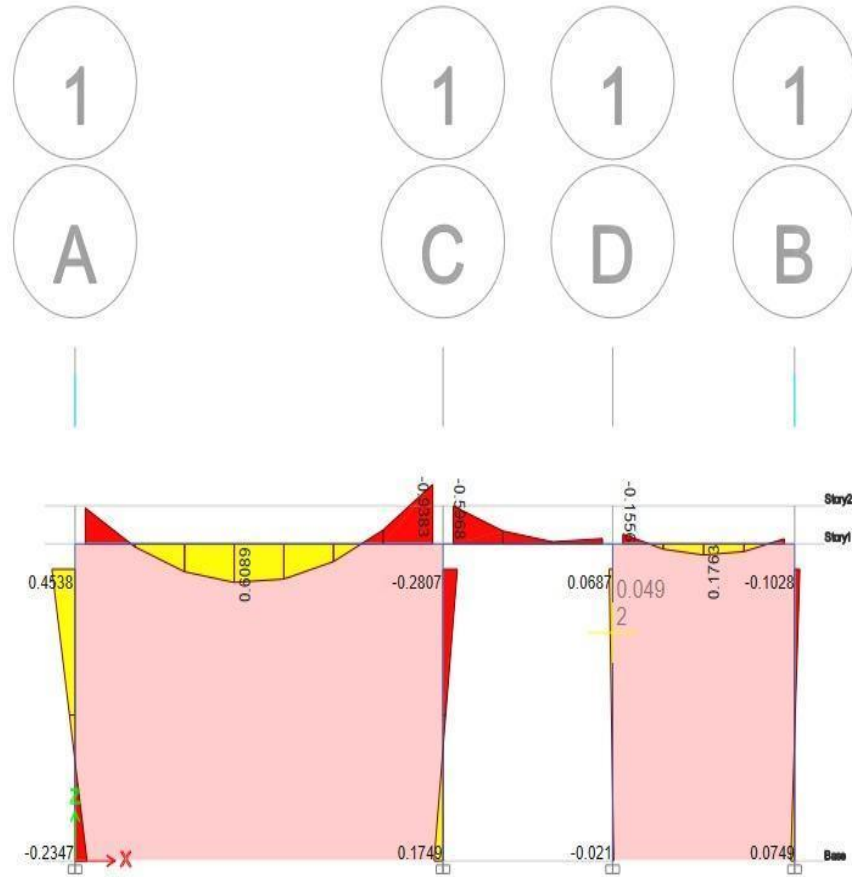


Figura 43 : Diagrama de momentos en el eje 1-1

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

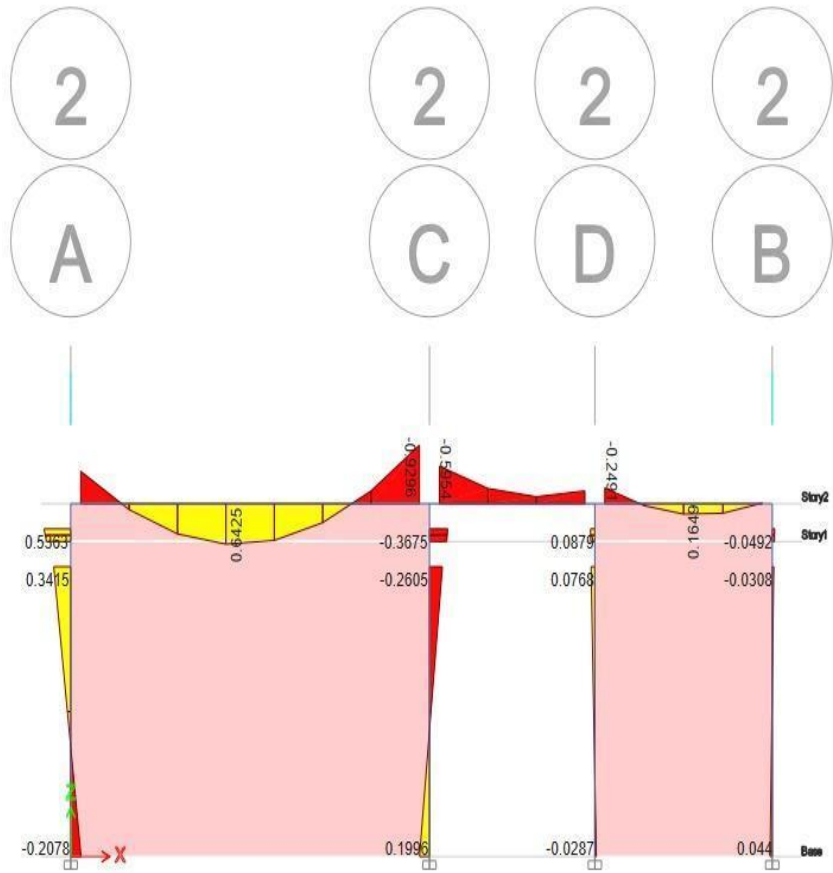


Figura 44 : Diagrama de momentos en el eje 2-2

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

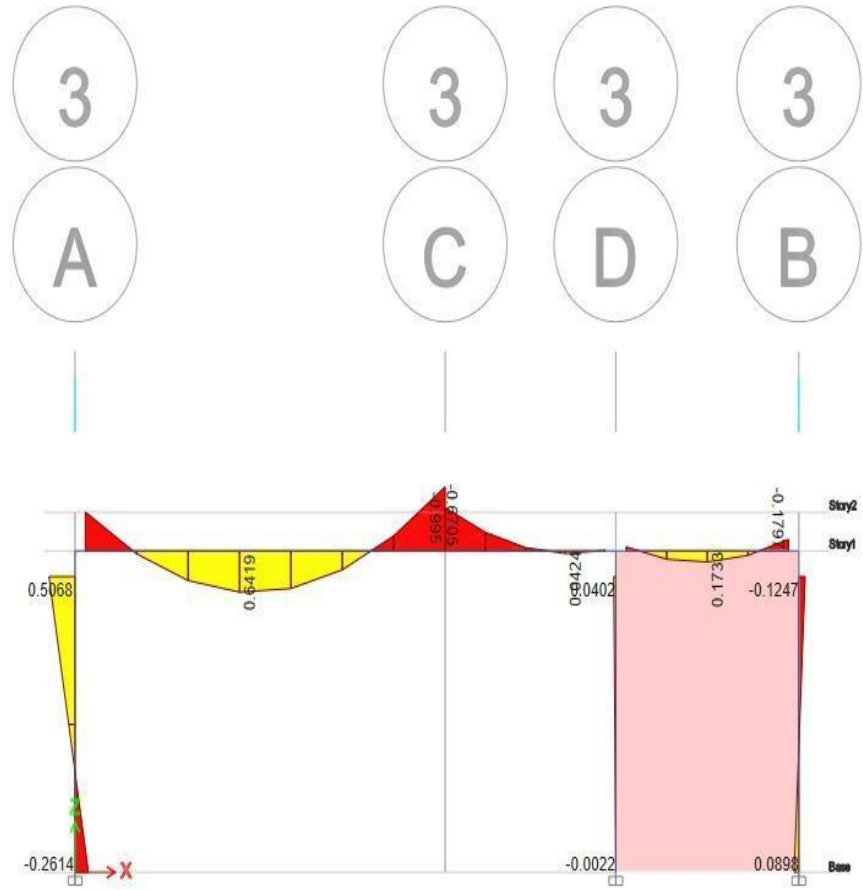


Figura 45 : Diagrama de momentos en el eje 3-3

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

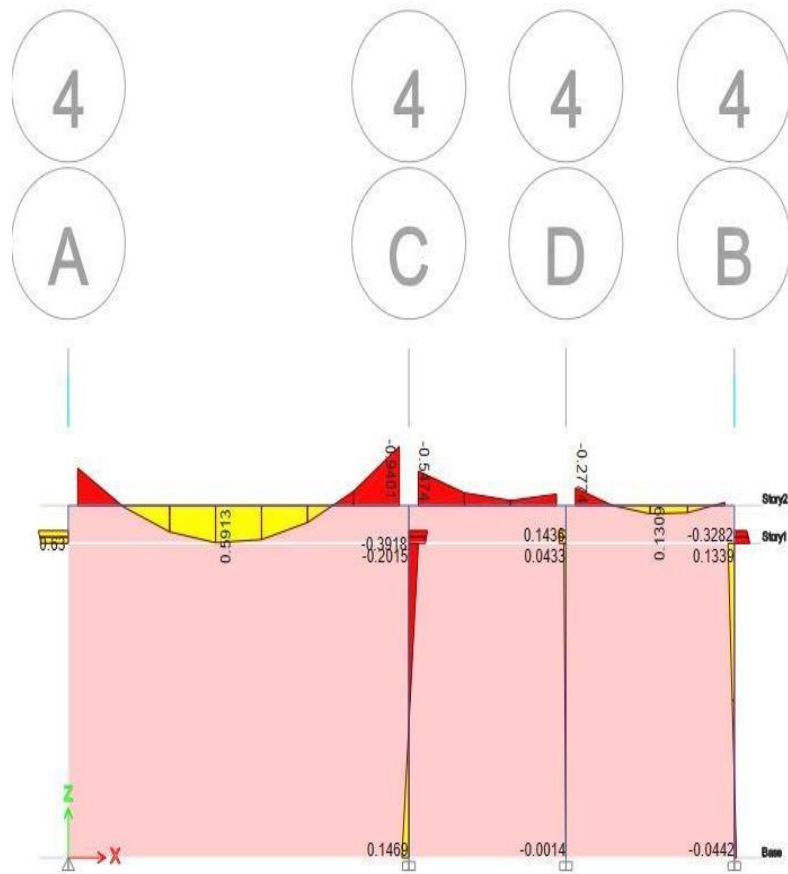


Figura 46 : Diagrama de momentos en el eje 4-4

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

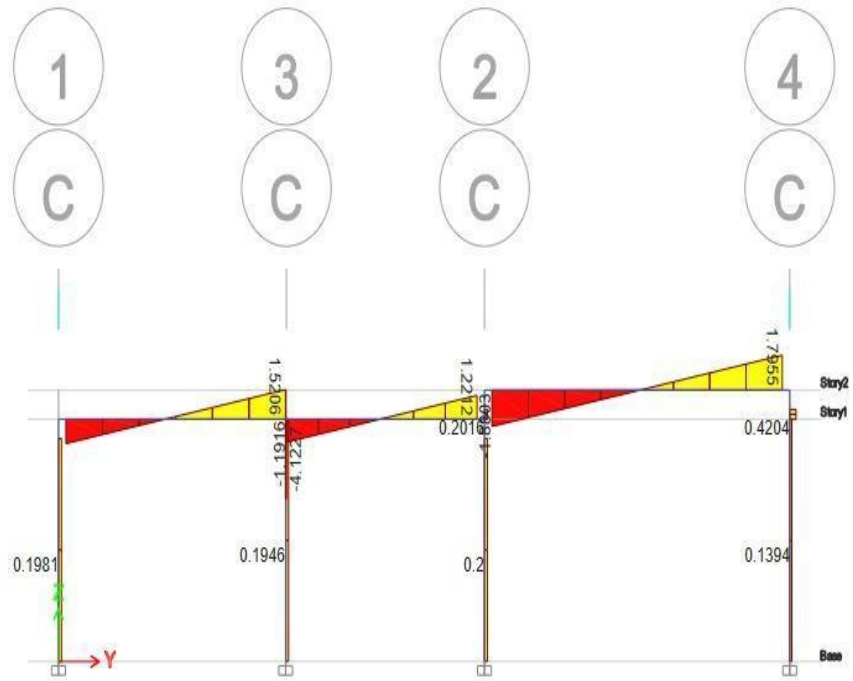


Figura 47 : Diagrama de Fuerza cortante en el eje C-C

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS



## 4.3 Fabricación artesanal de ladrillos PET

### 4.3.1 Proceso de elaboración de ladrillos PET

- Preparación de equipos

Según Valdivia (2019), lo primero que se tiene que tener en cuenta que la fragua tiene que llevar un motor trifásico y que necesita una toma de corriente eléctrica, luego se tiene que encender el carbón para calentar el recipiente que será utilizado para mezclar la arena gruesa y el PET.



Figura 49 : Encendido de fragua

Fuente: Valdivia (2019)

- Mezcla del material

Según Valdivia (2019), dependiendo de la dosificación se pondrá primero la arena gruesa para que se caliente y llegue a una temperatura de  $240\text{ C}^{\circ}$  para luego ser mezclada con PET dependiendo de la dosificación por volumen. (PET 1: arena gruesa 0), (PET 1: arena gruesa 0.25) y (PET 1: arena gruesa 0.5).



Figura 50 : Medición de la temperatura

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 51 : Vertido del PET para la mezcla

Fuente: Valdivia (2019)





Figura 52 : Medición de temperatura previa al moldeado

Fuente: Valdivia (2019)

- Moldeado del ladrillo PET

Según Valdivia (2019), luego de llegar a la temperatura entre 225°C y 235°C se tiene un lapso de 2 a 3 minutos en donde el PET puede llegar a evaporarse y quemarse si es que la temperatura llega a aumentar, además si se llega a enfriar la mezcla se solidifica. Por lo que es necesario que se vierta la mezcla lo más rápido y se enrasa para eliminar excedentes y alcanzar la altura ideal.



Figura 53 : PET y arena gruesa en molde

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 54 : Enrase del PET y arena gruesa en el molde

Fuente: Valdivia (2019)

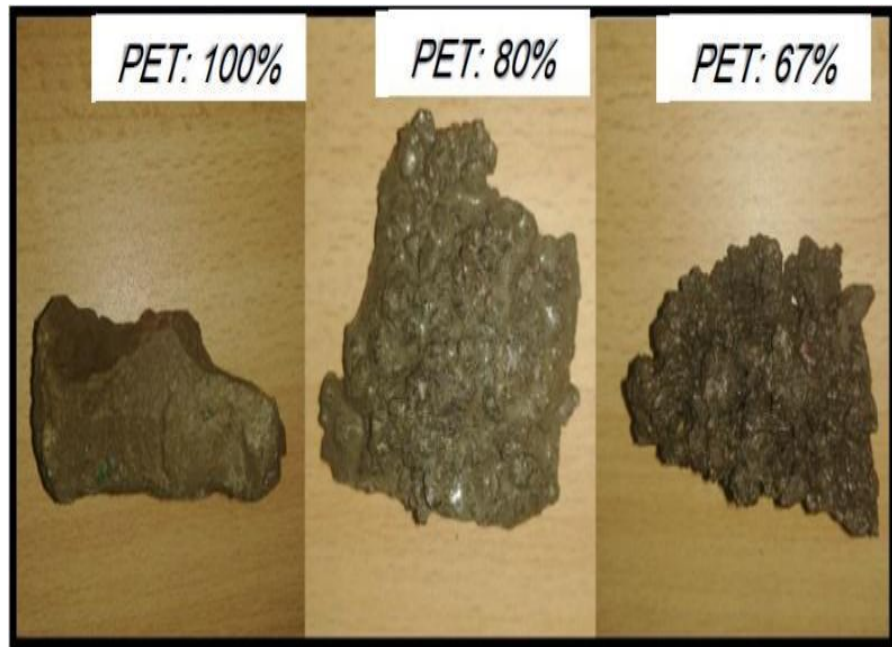


Figura 55 : PET y arena gruesa en distintas dosificaciones

Fuente: Valdivia (2019)

- Enfriar y desmolde

Según Valdivia (2019), cuando el molde de ladrillo empieza a enfriar muestra una rigidez aparente pero internamente aún se encuentra caliente por lo que es recomendable que sea desmoldado entre 15 a 20 minutos para así los ladrillos con un porcentaje de arena gruesa, y en el caso de los ladrillos que contienen 100% de PET y 0% de arena gruesa se recomienda desmoldar pasado 30 minutos, ya que de hacerlo antes el ladrillo podría sufrir fracturas, además no es recomendable acelerar el enfriamiento mediante agua ya que crea mayores variaciones dimensionales por la contracción.



Figura 56 : Medición de temperatura antes de desmoldar

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 57 : Ladrillo PET frío antes de desmoldar

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 58 : Ladrillo PET desmoldado antes de tiempo

Fuente: Valdivia (2019)

#### **4.3.2 Proceso de fraguado y curado**

En este proceso la calidad de los ladrillos depende de cada etapa de la fabricación, principalmente de la metódica selección de los agregados, la correcta dosificación de los materiales, una buena combinación de materiales en referente al mezclado, moldeo y compactación, y de un adecuado curado.

Al transcurrir las primeras 24 horas después de elaborar los especímenes, se distribuyó en el suelo y se procedió a regar.

Luego se procedió a regar tres veces al día para mantener los ladrillos totalmente húmedos durante los primeros siete días y así poder minimizar la evaporación de agua, además estas fueron protegidas con plástico. A los 28 días de haber sido elaborados alcanzan su resistencia final.

Para un mejor cuidado de los ladrillos, éstos se acopiaron apilados bajo techo y la altura de las rumas no superó 1.5m. cómo es recomendado.

### 4.3.3 Costo del ladrillo PET

Según Valdivia (2019), en el proceso de la fabricación de los ladrillos de PET y agregado grueso se observó que para que cada tipo de dosificación se tendría un precio distinto, pero se encontró dos factores que hacen que el precio cambie radicalmente. El factor más importante sería adquirir el PET, ya que si compramos el PET el costo aumentaría, mientras que si el PET es reciclado el costo de este sería mínimo. El otro factor sería la cantidad de arena gruesa, si se mezcla más arena gruesa se necesitará más tiempo de fabricación y esto generaría que el ladrillo aumente su precio.

Tabla 14 : Costos y tiempos de fabricación de ladrillos PET y arena gruesa

Dosificación		Tiempo inicial a calentar	Teimpo de mezclado	Tiempo de enfriado previo a desmolde	Tiempo de fabricacion por unidad	Costo con PET comprado (S/ 1.00 x kg)	Costo con PET reciclado
PET	A.G.						
100%	0%	1 min	2 min	30 min	33 min	S/ 2.00 x und	S/ 0.30 x und
80%	20%	6 min	2 min	20 min	28 min	S/ 1.50 x und	S/ 0.45 x und
67%	33%	8 min	2 min	20 min	30 min	S/ 1.00 x und	S/ 0.65 x und

Fuente: Valdivia (2019)

## 4.4 Ensayos de laboratorio

### 4.4.1 Variación dimensional de los ladrillos

#### 4.4.1.1 Procedimiento

Según Valdivia (2019), para este ensayo se tiene que medir cada dimensión del ladrillo (largo, ancho y altura) con ayuda del Pie de Rey (Anexo).



Figura 59 : Ensayo de variación dimensional

Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.1.2 Toma de datos

Tabla 15 : Ensayo Variación Dimensional, dosificación:  
%PET=100%-%A.Gr=0%

Nº de Muestra	MEDIDAS		
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)
1	233.50	118.00	89.50
2	234.50	117.50	88.00
3	233.00	118.00	88.00
4	233.50	116.50	88.50
5	234.00	118.00	89.00
6	233.00	117.50	89.50
7	232.50	118.00	88.00
8	234.50	116.50	87.50
9	234.00	117.50	88.50
10	233.20	118.50	89.00

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 16 : Ensayo Variación Dimensional, dosificación:  
%PET=80%-A.Gr=20%

Nº de Muestra	MEDIDAS		
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)
1	236.00	117.50	90.00
2	236.50	118.00	89.50
3	236.00	117.00	88.50
4	237.00	117.50	90.00
5	236.50	117.00	88.00
6	235.50	118.50	89.00
7	236.00	117.50	88.00
8	237.00	118.00	90.00
9	236.50	118.50	89.50
10	237.00	117.50	90.00

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 17 : Ensayo Variación Dimensional, dosificación:  
%PET=67%-A.Gr=33%

Nº de Muestra	MEDIDAS		
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)
1	238.50	119.00	89.00
2	237.00	118.00	90.00
3	238.00	119.50	88.50
4	237.50	119.50	90.00
5	238.50	118.00	89.50
6	239.50	119.50	90.00
7	239.00	118.00	89.50
8	238.50	119.00	90.00
9	237.00	119.50	88.50
10	239.50	119.50	90.00



Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.1.3 Procedimientos de análisis de datos

Para obtener los resultados de la variación dimensional de los ladrillos PET se usó la siguiente fórmula, con los datos obtenidos en la toma de datos:

$$\text{Variación Dimensional (\%)} = \frac{(\text{Dimensión de fabri.} - \text{Dimensión Real})}{\text{Dimensión Real}} \times 100\%$$

Donde:

- Dimensión de Fabri.: Dimensión de fabricación de ladrillo de arena gruesa y PET
- Dimensión Real: Dimensión real de ladrillo de arena gruesa y PET

Tabla 18 : Resultados del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=100%-%A.Gr=0% para largo

Nº de Muestra	LARGO (mm)			% DE VARIACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	240.00	233.50	6.50	2.71	0.26
2	240.00	234.50	5.50	2.29	
3	240.00	233.00	7.00	2.92	
4	240.00	233.50	6.50	2.71	
5	240.00	234.00	6.00	2.50	
6	240.00	233.00	7.00	2.92	
7	240.00	232.50	7.50	3.13	
8	240.00	234.50	5.50	2.29	
9	240.00	234.00	6.00	2.50	
10	240.00	233.20	6.80	2.83	
PROMEDIO		233.57	6.43	2.68	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 19 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación %PET=100% - %A. Gr.= 0% para ancho

Nº de Muestra	ANCHO (mm)			% DE VARIACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	120.00	118.00	2.00	1.67	0.52
2	120.00	117.50	2.50	2.08	
3	120.00	118.00	2.00	1.67	
4	120.00	116.50	3.50	2.92	
5	120.00	118.00	2.00	1.67	
6	120.00	117.50	2.50	2.08	
7	120.00	118.00	2.00	1.67	
8	120.00	116.50	3.50	2.92	
9	120.00	117.50	2.50	2.08	
10	120.00	118.50	1.50	1.25	
PROMEDIO		117.60	2.40	2.00	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 20 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=100% - %A. Gr.= 0% para altura

Nº de Muestra	ALTURA (mm)			% DE VARIACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	90.00	89.50	0.50	0.56	0.72
2	90.00	88.00	2.00	2.22	
3	90.00	88.00	2.00	2.22	
4	90.00	88.50	1.50	1.67	
5	90.00	89.00	1.00	1.11	
6	90.00	89.50	0.50	0.56	
7	90.00	88.00	2.00	2.22	
8	90.00	87.50	2.50	2.78	
9	90.00	88.50	1.50	1.67	
10	90.00	89.00	1.00	1.11	
PROMEDIO		88.50	1.45	1.61	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 21 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=80% - %A. Gr.= 20% para largo.

Nº de Muestra	LARGO (mm)			% DE VARIACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	240.00	236.00	4.00	1.67	0.20
2	240.00	236.50	3.50	1.46	
3	240.00	236.00	4.00	1.67	
4	240.00	237.00	3.00	1.25	
5	240.00	236.50	3.50	1.46	
6	240.00	235.50	4.50	1.88	
7	240.00	236.00	4.00	1.67	
8	240.00	237.00	3.00	1.25	
9	240.00	236.50	3.50	1.46	
10	240.00	237.00	3.00	1.25	
PROMEDIO		236.40	3.60	1.50	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 22 : Resultado del ensayo Variación Dimensional, dosificación: %PET=80% - %A. Gr.= 20% para ancho

Nº de Muestra	ANCHO (mm)			% DE VARIACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	120.00	117.50	2.50	2.08	0.42
2	120.00	118.00	2.00	1.67	
3	120.00	117.00	3.00	2.50	
4	120.00	117.50	2.50	2.08	
5	120.00	117.00	3.00	2.50	
6	120.00	118.50	1.50	1.25	
7	120.00	117.50	2.50	2.08	
8	120.00	118.00	2.00	1.67	
9	120.00	118.50	1.50	1.25	
10	120.00	117.50	2.50	2.08	
PROMEDIO		117.70	2.30	1.92	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 23 : Resultado del ensayo Variación Dimensional,  
dosificación: %PET=80% - %A. Gr.= 20% para alto.

Nº de Muestra	ALTURA (mm)			% DE VARIACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	90.00	90.00	0.00	0.00	0.87
2	90.00	89.50	0.50	0.56	
3	90.00	88.50	1.50	1.67	
4	90.00	90.00	0.00	0.00	
5	90.00	88.00	2.00	2.22	
6	90.00	89.00	1.00	1.11	
7	90.00	88.00	2.00	2.22	
8	90.00	90.00	0.00	0.00	
9	90.00	89.50	0.50	0.56	
10	90.00	90.00	0.00	0.00	
PROMEDIO		89.25	0.75	0.83	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 24 : Resultado del ensayo Variación Dimensional,  
dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33% para largo.

Nº de Muestra	LARGO (mm)			% DE VARIACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	240.00	238.50	1.50	0.63	0.36
2	240.00	237.00	3.00	1.25	
3	240.00	238.00	2.00	0.83	
4	240.00	237.50	2.50	1.04	
5	240.00	238.50	1.50	0.63	
6	240.00	239.50	0.50	0.21	
7	240.00	239.00	1.00	0.42	
8	240.00	238.50	1.50	0.63	
9	240.00	237.00	3.00	1.25	
10	240.00	239.50	0.50	0.21	
PROMEDIO		238.30	1.70	0.71	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 25 : Resultado del ensayo Variación Dimensional,  
dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33% para ancho.

Nº de Muestra	ANCHO (mm)			% DE VARIACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	120.00	119.00	1.00	0.83	0.54
2	120.00	118.00	2.00	1.67	
3	120.00	119.50	0.50	0.42	
4	120.00	119.50	0.50	0.42	
5	120.00	118.00	2.00	1.67	
6	120.00	119.50	0.50	0.42	
7	120.00	118.00	2.00	1.67	
8	120.00	119.00	1.00	0.83	
9	120.00	119.50	0.50	0.42	
10	120.00	119.50	0.50	0.42	
PROMEDIO		118.95	1.05	0.88	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 26 : Resultado del ensayo Variación Dimensional,  
dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33% para alto.

Nº de Muestra	ALTURA (mm)			% DE VARIACIÓN	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	90.00	89.00	1.00	1.11	0.65
2	90.00	90.00	0.00	0.00	
3	90.00	88.50	1.50	1.67	
4	90.00	90.00	0.00	0.00	
5	90.00	89.50	0.50	0.56	
6	90.00	90.00	0.00	0.00	
7	90.00	89.50	0.50	0.56	
8	90.00	90.00	0.00	0.00	
9	90.00	88.50	1.50	1.67	
10	90.00	89.00	1.00	1.11	
PROMEDIO		89.40	0.60	0.67	

Fuente: Valdivia (2019)

Luego de los resultados obtenidos en cuadros anteriores se procederá a tomar todos los datos promedios y juntarlos en una tabla.

Tabla 27 : Variación dimensional promedio en milímetros

Variación dimensional promedio (mm)			
Dosificación	LARGO	ANCHO	ALTURA
PET 100% - Arena Gruesa 0%	6.43	2.40	1.45
PET 80% - Arena Gruesa 20%	3.60	2.30	0.75
PET 67% - Arena Gruesa 33%	1.70	1.05	0.60

Fuente: Propia

Tabla 28 : Variación dimensional promedio en milímetros

Variación dimensional promedio (%)			
Dosificación	LARGO	ANCHO	ALTURA
PET 100% - Arena Gruesa 0%	2.68	2.00	1.61
PET 80% - Arena Gruesa 20%	1.50	1.92	0.83
PET 67% - Arena Gruesa 33%	0.71	0.88	0.67

Fuente: Valdivia (2019)

Según estas tablas se puede concluir que los ladrillos según su porcentaje de PET tienen diferentes tipos de variación dimensional, los ladrillos que cumplen con la máxima variación en porcentaje según la NTP E.070 es el ladrillo de porcentajes de PET 80%: arena gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33% que cumplen con la variación de largo ( $\pm 2$ ), ancho ( $\pm 4$ ) y de alto ( $\pm 3$ ).

## 4.4.2 Ensayo de alabeo

### 4.4.2.1 Procedimiento

Según Valdivia (2019), si llega a existir concavidad en el ladrillo se tendrá que colocar una regla metálica sobre la diagonal de la cara de asiento de ladrillo, para luego introducir la cuña de alabeo en el punto correspondiente a la flecha máxima para poder calcular la variación de deformación. Si el ladrillo llega a presentar convexidad, se colocará una regla metálica de canto sobre la diagonal de la cara de asiento del ladrillo, para luego introducir dos cuñas de alabeo en los vértices de las aristas opuestas y así buscar el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal y así poder obtener la misma medida en ambas cuñas. Se tomarán medidas de las dos diagonales de cada cara del ladrillo para poder sacar un promedio.



Figura 60 : Herramientas para ensayo de alabeo

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 61 : Ensayo de alabeo

Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.2.2 Toma de datos

Tabla 29 : Ensayo de Alabeo, dosificación: % PET=100% - % A.Gr.= 0%

Nº de Muestra	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR		
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD
1	2.5	2	CONCAVO	1	1.5	CONVEXO
2	2	2	CONCAVO	1.5	2	CONVEXO
3	2	2.5	CONCAVO	2	1.5	CONVEXO
4	2.5	2	CONCAVO	2	2	CONVEXO
5	2	3	CONCAVO	1	1	CONVEXO
6	2	2.5	CONCAVO	1.5	1	CONVEXO
7	2	2	CONCAVO	2	1.5	CONVEXO
8	2	2.5	CONCAVO	1	2	CONVEXO
9	2.5	1.5	CONCAVO	2	1	CONVEXO
10	2	2.5	CONCAVO	1	1	CONVEXO

Fuente: Valdivia (2019)



Tabla 30 : Ensayo de Alabeo, dosificación: % PET=80% - % A.Gr.= 20%

Nº de Muestra	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR		
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD
1	1	1	CONCAVO	0	0	CONVEXO
2	1	0.9	CONCAVO	0.5	0.5	CONVEXO
3	0	1	CONCAVO	0	0.5	CONVEXO
4	0	1	CONCAVO	2.5	3	CONVEXO
5	1	0.5	CONCAVO	2	1.5	CONVEXO
6	0.5	1	CONCAVO	0	0	CONVEXO
7	1	0.5	CONCAVO	0.5	1	CONVEXO
8	1	0.5	CONCAVO	0.5	0	CONVEXO
9	0.5	1	CONCAVO	2.5	2.5	CONVEXO
10	1	0.5	CONCAVO	1.5	2	CONVEXO

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 31 : Ensayo de Alabeo, dosificación: %PET=67% - % A. Gr.= 33%

Nº de Muestra	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR		
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD
1	0	0	CONCAVO	0	0.5	CONVEXO
2	0	0.5	CONCAVO	0.5	0	CONVEXO
3	1	0	CONCAVO	0	0	CONVEXO
4	0	1	CONCAVO	0	0	CONVEXO
5	0	0	CONCAVO	2.5	2.5	CONVEXO
6	0	0	CONCAVO	0	0.5	CONVEXO
7	0.5	0	CONCAVO	0.5	0	CONVEXO
8	1	0	CONCAVO	0	0	CONVEXO
9	1	0	CONCAVO	0	0	CONVEXO
10	0	0	CONCAVO	2.5	2.5	CONVEXO

Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.2.3 Procedimientos de análisis de datos

Para obtener los resultados de alabeo los ladrillos PET se usó la siguiente fórmula, con los datos obtenidos en la toma de datos:

$$\text{Alabeo (mm)} = \text{Promedio} \left[ \sum \left( \frac{\text{Dia1r} + \text{Dia2r}}{2} \right) + \sum \left( \frac{\text{Dia1t} + \text{Dia2t}}{2} \right) \right]$$

Donde:

- Dia1r: Diagonal 1 de la cara superior del ladrillo de arena gruesa y PET
- Dia2r: Diagonal 2 de la cara superior del ladrillo de arena gruesa y PET
- Dia1t: Diagonal 1 de la cara inferior del ladrillo de arena gruesa y PET
- Dia2t: Diagonal 2 de la cara inferior del ladrillo de arena gruesa y PET

Tabla 32 : Resultado del ensayo de Alabeo, dosificación:  
 PET=100% - %A. Gr.= 0%

Nº de Muestra	Cara Superior		Cara Inferior		PROMEDIO (mm)	DEVIACIÓN ESTANDAR
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)		
1	2.25	0.00	0.00	1.25	1.750	0.12
2	2.00	0.00	0.00	1.75	1.875	
3	2.25	0.00	0.00	1.75	2.000	
4	2.25	0.00	0.00	2.00	2.215	
5	2.50	0.00	0.00	1.00	1.750	
6	2.25	0.00	0.00	1.25	1.750	
7	2.00	0.00	0.00	1.75	1.875	
8	2.25	0.00	0.00	1.50	1.875	
9	2.00	0.00	0.00	1.50	1.750	
10	2.75	0.00	0.00	1.00	1.875	
Promedio:					1.860	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 33 : Resultado del ensayo de Alabeo, dosificación: %PET= 80% - %A. Gr.= 20%

Nº de Muestra	Cara Superior		Cara Inferior		PROMEDIO (mm)	DEVIACIÓN ESTANDAR
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)		
1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.500	0.47
2	0.95	0.00	0.00	0.50	0.725	
3	0.50	0.00	0.00	0.25	0.375	
4	0.50	0.00	0.00	2.75	1.625	
5	0.75	0.00	0.00	1.75	1.250	
6	0.75	0.00	0.00	0.00	0.375	
7	0.75	0.00	0.00	0.75	0.750	
8	0.75	0.00	0.00	0.25	0.500	
9	0.75	0.00	0.00	2.50	1.625	
10	0.75	0.00	0.00	1.75	1.250	
Promedio:					0.900	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 34 : Resultado del ensayo de Alabeo, dosificación: %PET = 67% - %A. Gr.= 33%

Nº de Muestra	Cara Superior		Cara Inferior		PROMEDIO (mm)	DEVIACIÓN ESTANDAR
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)		
1	0.00	0.00	0.00	0.25	0.125	0.42
2	0.25	0.00	0.00	0.25	0.250	
3	0.50	0.00	0.00	0.00	0.250	
4	0.50	0.00	0.00	0.00	0.250	
5	0.00	0.00	0.00	2.50	1.250	
6	0.00	0.00	0.00	0.25	0.125	
7	0.25	0.00	0.00	0.25	0.250	
8	0.50	0.00	0.00	0.00	0.250	
9	0.50	0.00	0.00	0.00	0.250	
10	0.00	0.00	0.00	2.50	1.250	
Promedio:					0.430	

Fuente: Valdivia (2019)

Luego de los resultados obtenidos en cuadros anteriores se procederá a tomar todos los datos promedios y juntarlos en una tabla.

Tabla 35 : Alabeo promedio en milímetros

Dosificación	Alabeo promedio (mm)
PET 100% - Arena Gruesa 0%	1.86
PET 80% - Arena Gruesa 20%	0.90
PET 67% - Arena Gruesa 33%	0.43

Fuente: Propia

Según la Tabla N° 35 se puede determinar que el alabeo disminuye a medida que se aumenta la cantidad de arena gruesa siendo el alabeo mayor cuando el PET es el 100% de la dosificación y el menor alabeo se obtuvo cuando se puso la menor cantidad de PET de 67%. En todas las dosificaciones se obtuvo un alabeo aceptable que cumple con la NTP E.070 para un ladrillo IV no mayor a 4mm.

### 4.4.3 Ensayo de densidad

#### 4.4.3.1 Procedimiento

Según Valdivia (2019), para calcular la densidad se tiene que tomar las dimensiones del ladrillo PET (largo, ancho y alto), para poder obtener el volumen del ladrillo y luego se le restará el volumen del molde  $17\text{cm} \times 5\text{cm} \times 1.4$  ( $119\text{ cm}^3$ ). Después se pesan los ladrillos PET.

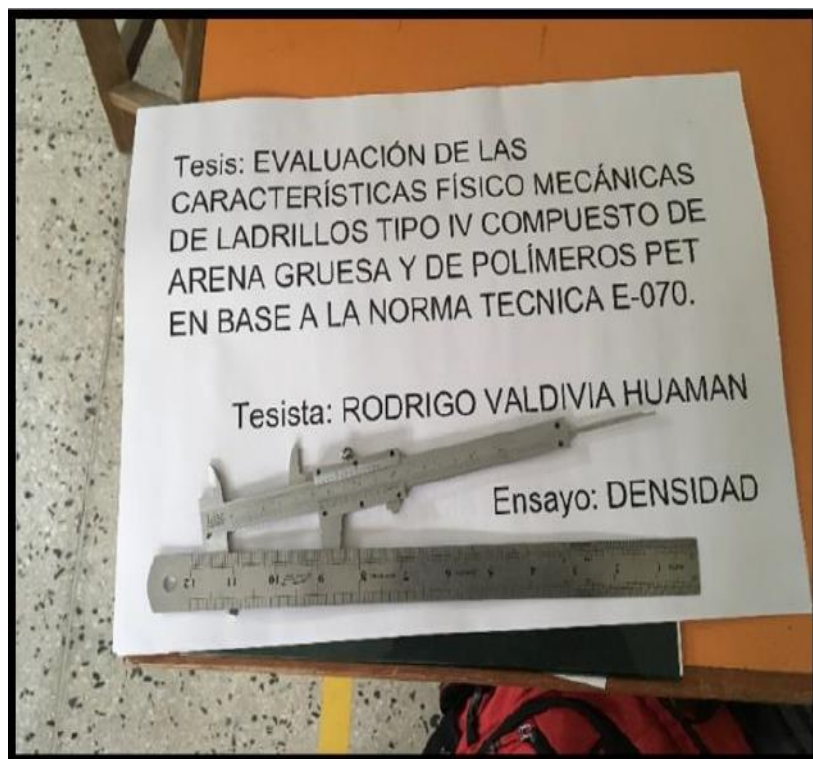


Figura 62 : Herramientas para ensayo de densidad

Fuente: Valdivia (2019)

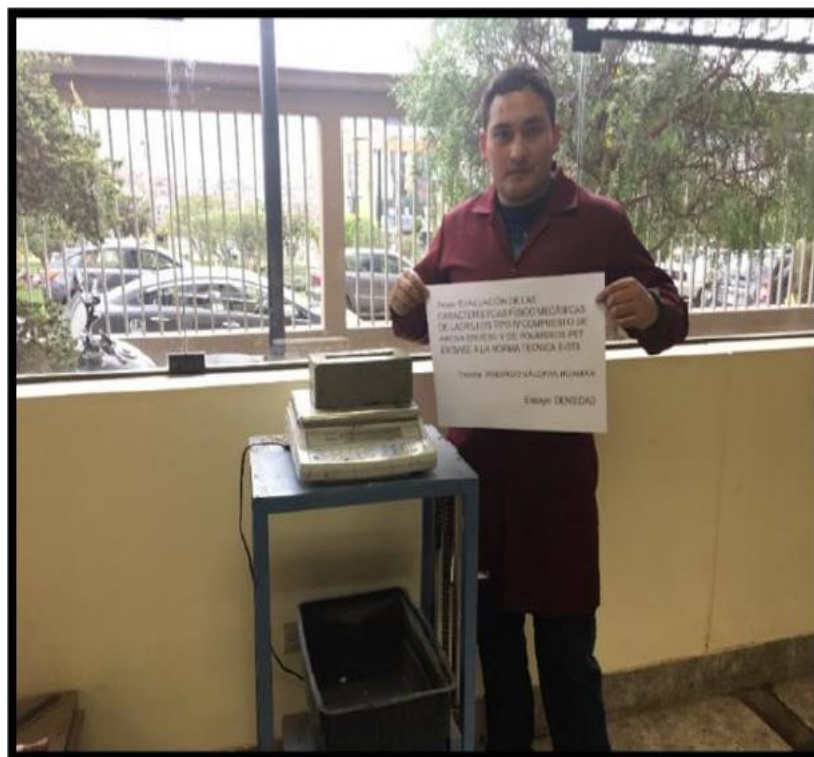


Figura 63 : Medición de peso para densidad

Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.3.2 Toma de datos

Tabla 36 : Ensayo de densidad, dosificación: % PET=100% - % A.Gr.= 0%

Nº de Muestra	DIMENSIONES DEL LADRILLO (cm)			ENDIDURA (cm <sup>3</sup> )	PESO (gr)
	LARGO	ANCHO	ALTO		
1	23.35	11.80	8.95	119.00	2380.90
2	23.45	11.75	8.80	119.00	2414.30
3	23.30	11.80	8.80	119.00	2148.90
4	23.35	11.65	8.85	119.00	2125.70
5	23.40	11.80	8.90	119.00	2356.70
6	23.30	11.75	8.95	119.00	2379.20
7	23.25	11.80	8.80	119.00	2432.10
8	23.45	11.65	8.75	119.00	2124.90
9	23.40	11.75	8.85	119.00	2132.70
10	23.32	11.85	8.90	119.00	2347.70

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 37 : Ensayo de densidad, dosificación: % PET=80% - % A.Gr.= 20%

Nº de Muestra	DIMENSIONES DEL LADRILLO (cm)			ENDIDURA (cm3)	PESO (gr)
	LARGO	ANCHO	ALTO		
1	23.60	11.75	9.00	119.00	4511.60
2	23.65	11.80	8.95	119.00	4525.40
3	23.60	11.70	8.85	119.00	4451.50
4	23.70	11.75	9.00	119.00	4258.80
5	23.65	11.70	8.80	119.00	4535.70
6	23.55	11.85	8.90	119.00	4433.20
7	23.60	11.75	8.80	119.00	4525.40
8	23.70	11.80	9.00	119.00	4621.40
9	23.65	11.85	8.95	119.00	4314.20
10	23.70	11.75	9.00	119.00	4562.70

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 38 : Ensayo de densidad, dosificación: %PET=67% - % A.Gr.=33%

Nº de Muestra	DIMENSIONES DEL LADRILLO (cm)			ENDIDURA (cm3)	PESO (gr)
	LARGO	ANCHO	ALTO		
1	23.85	11.90	8.90	119.00	4739.80
2	23.70	11.80	9.00	119.00	4879.60
3	23.80	11.95	8.85	119.00	4994.50
4	23.75	11.95	9.00	119.00	4673.10
5	23.85	11.80	8.95	119.00	4779.40
6	23.95	11.95	9.00	119.00	4699.80
7	23.90	11.80	8.95	119.00	4797.40
8	23.85	11.90	9.00	119.00	4917.30
9	23.70	11.95	8.85	119.00	4664.10
10	23.95	11.95	8.90	119.00	4689.50

Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.3.3 Procedimientos de análisis de datos

Para obtener los resultados de la densidad de los ladrillos PET se usó la siguiente fórmula, con los datos obtenidos en la toma de datos:

$$\text{Densidad} \left( \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{P (\text{gr})}{((L \times A \times H) - E)}$$

Donde:

- P (gr): Peso del ladrillo de arena gruesa y PET en gramos.
- L(cm): Largo del ladrillo de arena gruesa y PET en cm.
- A(cm): Ancho del ladrillo de arena gruesa y PET en cm.
- H(cm): Alto del ladrillo de arena gruesa y PET en cm.
- E: Hendidura de fabricación del ladrillo en cm<sup>3</sup>.

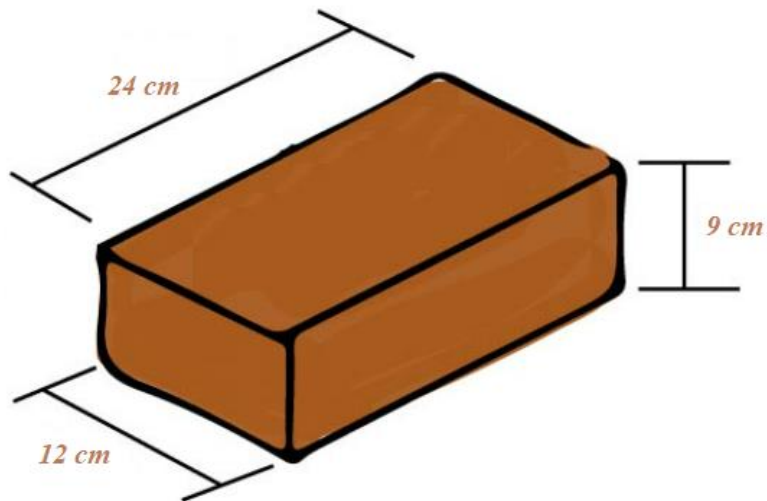


Figura 64 : Dimensiones del ladrillo PET

Fuente: Propia



Tabla 39 : Resultado del ensayo de Densidad, dosificación:  
%PET=100% - %A. Gr.= 0%

Nº de Muestra	PESO (gr)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD (gr/cm3)	DESVIACION ESTANDAR
1	2380.90	2346.99	1.01	0.05
2	2414.30	2305.73	1.05	
3	2148.90	2300.47	0.93	
4	2125.70	2288.44	0.93	
5	2356.70	2338.47	1.01	
6	2379.20	2331.29	1.02	
7	2432.10	2295.28	1.06	
8	2124.90	2271.43	0.94	
9	2132.70	2314.31	0.92	
10	2347.70	2340.44	1.00	
Promedio:	2284.31	-----	0.99	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 40 : Resultado del ensayo de Densidad, dosificación:  
%PET=80% - %A. Gr.=20%

Nº de Muestra	PESO (gr)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD (gr/cm3)	DESVIACION ESTANDAR
1	4511.60	2376.70	1.90	0.05
2	4525.40	2378.68	1.90	
3	4451.50	2324.66	1.91	
4	4258.80	2387.28	1.78	
5	4535.70	2316.00	1.96	
6	4433.20	2364.70	1.87	
7	4525.40	2321.24	1.95	
8	4621.40	2397.94	1.93	
9	4314.20	2389.26	1.81	
10	4562.70	2387.28	1.91	
Promedio:	4473.99	-----	1.89	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 41 : Resultado del ensayo de Densidad, dosificación:  
%PET=67% - %A. Gr.=33%

Nº de Muestra	PESO (gr)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD (gr/cm3)	DESVIACION ESTANDAR
1	4739.80	2406.95	1.97	0.01
2	4879.60	2397.94	2.03	
3	4994.50	2398.03	2.08	
4	4673.10	2435.31	1.92	
5	4779.40	2399.80	1.99	
6	4699.80	2456.82	1.91	
7	4797.40	2405.08	1.99	
8	4917.30	2435.34	2.02	
9	4664.10	2387.45	1.95	
10	4689.50	2428.20	1.93	
Promedio:	4783.45	-----	1.98	

Fuente: Valdivia (2019)

Luego de los resultados obtenidos en cuadros anteriores se procederá a tomar todos los datos promedios del peso y de la densidad, para juntarlos en una tabla.

Tabla 42 : Peso y Densidad promedio en milímetros

Dosificación	Peso promedio (mm)	Densidad promedio (gr/cm3)
PET 100% - Arena Gruesa 0%	2284.31	0.99
PET 80% - Arena Gruesa 20%	4473.99	1.89
PET 67% - Arena Gruesa 33%	4783.45	1.98

Fuente: Propia

Según la tabla N° 42 se puede determinar que los ladrillos de arena gruesa y PET que en su dosificación cuentan con el 100% de PET son de menor densidad mientras que los ladrillos de dosificación 20%

y 33% de arena gruesa son de mayor densidad. Si compramos los ladrillos PET con los ladrillos comerciales se observa que la el ladrillo de arena gruesa y PET de dosificación PET 100%: arena gruesa 0% es el de menor densidad que cualquier ladrillo comercial, y los ladrillos de dosificación PET 80%: arena gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33% son de densidades similares a la de los ladrillos comerciales.

#### **4.4.4 Ensayo de absorción**

##### **4.4.4.1 Procedimiento**

Según Valdivia (2019), para el ensayo de absorción se tomó en cuenta que los ladrillos tienen como una de sus materias primas el PET, el cual es susceptible a altas temperaturas y es por eso que se modifica el ensayo, pesando primero los ladrillos de arena gruesa y el PET seco que recién fueron fabricados. Luego los ladrillos fueron sumergidos en un pozo de agua por 24 horas a una temperatura de 15,6 °C a 26,7 °C. Por último, se retiran los ladrillos del pozo donde absorbieron humedad por 24 horas, se procede a secar con un trapo húmedo todas las caras del ladrillo y se pesa.



Figura 65 : Ensayo de absorción

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 66 : Pozo de agua

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 67 : Secado del ladrillo

Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.4.2 Toma de datos

Tabla 43 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=100% - % A.Gr.= 0%

Nº de Muestra	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)
1	2104.5	2039.2
2	2122.7	2026.1
3	2291.1	2201.4
4	2242.9	2156.2
5	2214.5	2149.3
6	2410.4	2335.1
7	2298.1	2214.6
8	2254.3	2169.7
9	2298.9	2236.7
10	2254.7	2178.4

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 44 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=80% - %A.  
Gr.= 20%

Nº de Muestra	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)
1	4184.40	4128.20
2	4670.70	4632.60
3	4581.40	4536.10
4	4327.20	4278.90
5	4473.90	4417.40
6	4521.70	4487.30
7	4324.50	4267.20
8	4584.30	4538.10
9	4396.40	4359.10
10	4526.70	4478.20

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 45 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=80% - %A.  
Gr.= 20%

Nº de Muestra	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)
1	4925.60	4892.70
2	4797.70	4760.70
3	4546.10	4511.60
4	4754.80	4719.20
5	4607.40	4585.10
6	4847.70	4814.90
7	4606.20	4569.30
8	4822.10	4796.10
9	4879.50	4843.80
10	4770.60	4731.50

Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.4.3 Procedimientos de análisis de datos

Para obtener los resultados de la absorción de los ladrillos PET se usó la siguiente fórmula, con los datos obtenidos en la toma de datos:

$$\text{Absorción}(\%) = \frac{\text{Peso Saturado} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

- Peso saturado: Peso de ladrillo sumergido por 24 horas y secado superficialmente.
- Peso Seco: Peso de ladrillo recién salido de la planta de fabricación.

Tabla 46 : Resultado del ensayo de absorción, dosificación:  
%PET=100% - %A. Gr.= 0%

Nº de Muestra	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN (%)	DESVIACION ESTANDAR
1	2104.50	2039.20	3.20	0.56
2	2122.70	2026.10	4.77	
3	2291.10	2201.40	4.07	
4	2242.90	2156.20	4.02	
5	2214.50	2149.30	3.03	
6	2410.40	2335.10	3.22	
7	2298.10	2214.60	3.77	
8	2254.30	2169.70	3.90	
9	2298.90	2236.70	2.78	
10	2254.70	2178.40	3.50	
PROMEDIO			3.63	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 47 : Resultado del ensayo de absorción, dosificación:  
%PET=80% - %A. Gr.= 20%

Nº de Muestra	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN (%)	DESVIACION ESTANDAR
1	4184.40	4128.20	1.36	0.20
2	4670.70	4632.60	0.82	
3	4581.40	4536.10	1.00	
4	4327.20	4278.90	1.13	
5	4473.90	4417.90	1.28	
6	4521.70	4487.30	0.77	
7	4324.50	4267.20	1.34	
8	4584.30	4538.10	1.02	
9	4396.40	4359.10	0.86	
10	4526.70	4478.20	1.08	
PROMEDIO			1.07	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 48 : Resultado del ensayo de absorción, dosificación:  
%PET=67% - %A. Gr.= 33%

Nº de Muestra	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN (%)	DESVIACION ESTANDAR
1	4925.60	4892.70	0.67	0.11
2	4797.70	4760.70	0.78	
3	4546.10	4511.60	0.76	
4	4754.80	4719.20	0.75	
5	4607.40	4585.10	0.49	
6	4847.70	4814.90	0.68	
7	4606.20	4569.30	0.81	
8	4822.10	4769.10	0.54	
9	4879.50	4843.80	0.74	
10	4770.60	4731.50	0.83	
PROMEDIO			0.70	

Fuente: Valdivia (2019)

Luego de los resultados obtenidos en cuadros anteriores se procederá a tomar todos los datos promedios de la absorción, para juntarlos en una tabla.



Tabla 49 : Absorción promedio en porcentaje

Dosificación	Absorción promedio (%)
PET 100% - Arena Gruesa 0%	3.63
PET 80% - Arena Gruesa 20%	1.07
PET 67% - Arena Gruesa 33%	0.70

Fuente: Propia

Según la tabla N° 49 se puede determinar que la absorción en los ladrillos de arena gruesa y PET es mínima ya que mayormente están hechos de PET, en el caso del PET al 100% tiene una mayor absorción de humedad que las otras dosificaciones, pero es aceptable por la NTP E.070, que especifica que para ladrillos de arcilla o sílice se es aceptable una absorción menor a 22% y para bloques de concreto entre 12% a 15%.

#### **4.4.5 Ensayo de resistencia a la compresión**

##### **4.4.5.1 Procedimiento**

Según Valdivia (2019), para este ensayo pondremos la parte de mayor dimensión del ladrillo sobre la máquina. Primero se utiliza la placa metálica del molde la cual fue diseñada para la fabricación de los ladrillos para que se distribuya la carga de forma homogénea en la parte superior de los ladrillos y en la parte inferior se usará un neopreno, que se utiliza para soportar la presión de las cargas y pesos pesados, el cual ayudará para la distribución de fuerzas. Después de alinear el ladrillo, colocar las placas metálicas y las láminas de neopreno se somete a compresión teniendo en cuenta que la velocidad debe de ser constante y la carga continua.



Figura 68 : Placas de metal para ensayo de resistencia a compresión

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 69 : Ensayo de resistencia a compresión

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 70 : Prueba de resistencia a compresión de ladrillo PET

Fuente: Valdivia (2019)



Figura 71 : Ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20%

Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.5.2 Toma de datos

Tabla 50 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=100% - % A.Gr.= 0%

Nº de Muestra	DIMENSIONES (cm)			CARGA (kg-f)
	LARGO	ANCHO	ALTO	
1	23.35	11.80	8.95	15210
2	23.45	11.75	8.80	13840
3	23.30	11.80	8.80	16670
4	23.35	11.65	8.85	13740
5	23.40	11.80	8.90	12980
6	23.30	11.75	8.95	15670
7	23.25	11.80	8.80	14780
8	23.45	11.65	8.75	15670
9	23.40	11.75	8.85	16670
10	23.32	11.85	8.90	13640

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 51 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=80% - % A.Gr.= 20%

Nº de Muestra	DIMENSIONES (cm)			CARGA (kg-f)
	LARGO	ANCHO	ALTO	
1	23.60	11.75	9.00	29040
2	23.65	11.80	8.95	34700
3	23.60	11.70	8.85	29210
4	23.70	11.75	9.00	30780
5	23.65	11.70	8.80	33770
6	23.55	11.85	8.90	29640
7	23.60	11.75	8.80	33480
8	23.70	11.80	9.00	28450
9	23.65	11.85	8.95	31450
10	23.70	11.75	9.00	29610

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 52 : Ensayo de absorción, dosificación: % PET=67% - %A. Gr.= 33%

Nº de Muestra	DIMENSIONES (cm)			CARGA (kg-f)
	LARGO	ANCHO	ALTO	
1	23.85	11.90	8.90	26940
2	23.70	11.80	9.00	28690
3	23.80	11.95	8.85	32730
4	23.75	11.95	9.00	27400
5	23.85	11.80	8.95	28410
6	23.95	11.95	9.00	29500
7	23.90	11.80	8.95	27710
8	23.85	11.90	9.00	28640
9	23.70	11.95	8.85	27810
10	23.95	11.95	8.90	26770

Fuente: Valdivia (2019)

#### 4.4.5.3 Procedimientos de análisis de datos

Para obtener los resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos PET se usó la siguiente fórmula, con los datos obtenidos en la toma de datos:

$$\text{Resistencia a la Compresión} \left( \frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{\text{Carga (kg)}}{L \times A (cm^2)}$$

Donde:

- L: Largo de ladrillos de arena gruesa y PET en cm
- A: Ancho de ladrillos de arena gruesa y PET en cm

Tabla 53 : Resultado del ensayo de resistencia a la compresión, dosificación: %PET=100% - %A. Gr.= 0%

Nº de Muestra	CARGA (kg -f)	AREA (cm2)	ESFUERZO (kg/cm2)	DESVIACION ESTANDAR
1	15210.00	275.53	55.20	4.56
2	13840.00	275.54	50.23	
3	16670.00	274.94	60.63	
4	13740.00	272.03	50.51	
5	12980.00	276.12	47.01	
6	15670.00	273.78	57.24	
7	14780.00	274.35	53.87	
8	15670.00	273.19	57.36	
9	16670.00	274.95	60.63	
10	13640.00	276.34	49.36	
PROMEDIO			54.20	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 54 : Resultado del ensayo de resistencia a la compresión, dosificación: %PET=80% - %A. Gr.= 20%

Nº de Muestra	CARGA (kg -f)	AREA (cm2)	ESFUERZO (kg/cm2)	DESVIACION ESTANDAR
1	29040.00	277.30	104.72	7.69
2	34700.00	279.07	124.34	
3	29210.00	276.12	105.79	
4	30780.00	278.48	110.00	
5	33770.00	276.71	122.04	
6	29640.00	279.07	106.21	
7	33480.00	277.30	120.74	
8	28450.00	279.66	101.73	
9	31450.00	280.25	112.22	
10	29610.00	278.48	106.33	
PROMEDIO			111.47	

Fuente: Valdivia (2019)

Tabla 55 : Resultado del ensayo de resistencia a la compresión, dosificación: %PET=67% - %A. Gr.= 33%

Nº de Muestra	CARGA (kg -f)	AREA (cm2)	ESFUERZO (kg/cm2)	DESVIACION ESTANDAR
1	26940.00	283.82	94.92	5.74
2	28690.00	279.66	102.59	
3	32730.00	284.41	115.08	
4	27400.00	283.81	96.54	
5	28410.00	281.43	100.95	
6	29500.00	286.20	103.07	
7	27710.00	282.02	98.26	
8	28640.00	283.82	100.91	
9	27810.00	283.22	98.19	
10	26770.00	286.20	93.54	
PROMEDIO			100.41	

Fuente: Valdivia (2019)

Luego de los resultados obtenidos en cuadros anteriores se procederá a tomar todos los datos promedios de la resistencia a la compresión, para juntarlos en una tabla.

Tabla 56 : Resistencia promedio

Dosificación	Resistencia promedio (kg/cm2)
PET 100% - Arena Gruesa 0%	54.20
PET 80% - Arena Gruesa 20%	111.47
PET 67% - Arena Gruesa 33%	100.41

Fuente: Propia

Según la tabla N° 56 se puede determinar que la resistencia a la compresión en los ladrillos de PET al 100% su resistencia a la compresión es menor a comparación a los ladrillos de PET al 80% y 67% las cuales cuentan con una resistencia promedio de 111.47 y 100.41 kg/cm2 y según la NTP E.070 estas califican como un ladrillo tipo III.

## 4.5 Presentación de resultados

### 4.5.1 Variación dimensional

Tabla 57 : Variación dimensional promedio en porcentaje

Variación dimensional promedio (%)			
Dosificación	LARGO	ANCHO	ALTURA
PET 100% - Arena Gruesa 0%	2.68	2.00	1.61
PET 80% - Arena Gruesa 20%	1.50	1.92	0.83
PET 67% - Arena Gruesa 33%	0.71	0.88	0.67

Fuente: Propia

El ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% muestra una variación dimensional a lo LARGO mayor a  $\pm 2$ , en el ANCHO cumple con una variación menor de  $\pm 3$  y en la ALTURA cumple con la variación menor de  $\pm 4$ , clasificando por VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN como un ladrillo tipo III.

Tabla 58 : Variación dimensional promedio en milímetros

Variación dimensional promedio (mm)			
Dosificación	LARGO	ANCHO	ALTURA
PET 100% - Arena Gruesa 0%	6.43	2.40	1.45
PET 80% - Arena Gruesa 20%	3.60	2.30	0.75
PET 67% - Arena Gruesa 33%	1.70	1.05	0.60

Fuente: Valdivia (2019)

Para el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% muestra una variación dimensional a lo LARGO menor a  $\pm 2$ , en el ANCHO cumple con una variación menor de  $\pm 3$  y en la ALTURA cumple con la variación menor de  $\pm 4$ , clasificando por VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN como un ladrillo tipo IV.

Para el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33% muestra una variación dimensional a lo LARGO menor a  $\pm 2$ , en el ANCHO cumple con una variación menor de  $\pm 3$  y en la ALTURA cumple con la variación menor de  $\pm 4$ , clasificando por VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN como un ladrillo tipo IV.



#### 4.5.2 Alabeo

Tabla 59 : Alabeo promedio en milímetros

Dosificación	Alabeo promedio (mm)
PET 100% - Arena Gruesa 0%	1.86
PET 80% - Arena Gruesa 20%	0.90
PET 67% - Arena Gruesa 33%	0.43

Fuente: Propia

El alabeo en el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% es menor al descrito en la Norma Técnica Peruana E0.70 de 4 milímetros como máximo y así mismo es para el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% y el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33%, clasificando a todos los ladrillos por ALABEO como un ladrillo tipo IV.

#### 4.5.3 Densidad

Tabla 60 : Peso y Densidad promedio en milímetros

Dosificación	Peso promedio (mm)	Densidad promedio (gr/cm <sup>3</sup> )
PET 100% - Arena Gruesa 0%	2284.31	0.99
PET 80% - Arena Gruesa 20%	4473.99	1.89
PET 67% - Arena Gruesa 33%	4783.45	1.98

Fuente: Propia

La densidad de los ladrillos de PET y arena gruesa se puede observar que el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% es el menos denso a comparación del ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% y el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33%, se puede decir que a mayor porcentaje de arena gruesa mayor es la densidad del ladrillo.

#### 4.5.4 Absorción

Tabla 61 : Absorción promedio en porcentaje

Dosificación	Absorción promedio (%)
PET 100% - Arena Gruesa 0%	3.63
PET 80% - Arena Gruesa 20%	1.07
PET 67% - Arena Gruesa 33%	0.70

Fuente: Propia

Para la absorción se nota de manera significativa que el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% tiene mayor absorción a los otros ladrillos, pero la absorción no puede ser comparada con los rangos de la Norma Técnica Peruana E0.70 ya que estos rangos son para unidades de arcilla y sílico calcáreas o bloques de concreto.

#### 4.5.5 Resistencia a la compresión

Tabla 62 : Resistencia promedio

Dosificación	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
PET 100% - Arena Gruesa 0%	54.20
PET 80% - Arena Gruesa 20%	111.47
PET 67% - Arena Gruesa 33%	100.41

Fuente: Propia

En cuanto a la resistencia a la compresión ( $f'_{b}$ ) de los ladrillos de PET y arena gruesa se puede observar que:

El ladrillo que el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% es el menos resistente clasificando por **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN** como un **ladrillo tipo I**.

El ladrillo que el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% es el más resistente clasificando por **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN** como un **ladrillo tipo III**.

El ladrillo que el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33% es la resistencia promedio clasificando por **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN** como un **ladrillo tipo III**.

#### 4.5.6 Cantidad y costo de ladrillos

En cuanto a la cantidad de ladrillos a usar en una vivienda unifamiliar de 90 m<sup>2</sup>, se calculará primero el área de todos los muros de la vivienda.

Tabla 63 : Cálculo del metrado de muros (m<sup>2</sup>)

METRADO DE MUROS		
LARGO (m)	ALTO (m)	m <sup>2</sup>
3.40	2.70	9.18
1.40	2.70	3.78
3.45	2.70	9.32
2.45	2.70	6.62
3.40	2.70	9.18
2.85	2.70	7.70
3.90	2.70	10.53
2.45	2.70	6.62
2.85	2.70	7.70
3.50	2.70	9.45
3.40	2.70	9.18
2.00	2.70	5.40
3.40	2.70	9.18
6.40	2.70	17.28
0.70	2.70	1.89
3.40	2.70	7.38
3.40	2.70	7.38
2.85	2.70	5.90
TOTAL (m <sup>2</sup> )		143.64

Fuente: Propia

Para calcular la cantidad de ladrillos por metro cuadrado se usará la siguiente fórmula:

$$CL = \frac{1}{(L + Jh) \times (H + Jv)}$$

Donde:

CL= Cantidad de ladrillos por m<sup>2</sup>

L= Longitud de ladrillo (m)

Jh= Espesor junta horizontal (m)

H= Altura del ladrillo (m)

$J_v =$  Espesor junta vertical (m)

$$CL = \frac{1}{(0.24 + 0.015) \times (0.09 + 0.015)}$$

$$CL = 37.34$$

Se multiplicará por el 5% de desperdicio

$$CL = 39.21 \approx 40 \text{ und/m}^2$$

Se multiplicará por el metraje total de muros para obtener el total de ladrillos a usar.

$$\text{Total de Ladrillos} = 143.64 \text{ m}^2 \times 40 \text{ und/m}^2$$

$$\text{Total de Ladrillos} = 5745.60 \text{ und.}$$

Se multiplicará por el 5% de desperdicio

$$\text{Total de Ladrillos con desperdicio} = 5745.60 \text{ und.} \times 1.05\%$$

$$\text{Total de Ladrillos con desperdicio} = 6032.88 \approx 6033 \text{ und}$$

Teniendo en cuenta el cuadro N° 14 se tiene dos opciones de adquirir el plástico PET, ya sea comprado o reciclado. Se cotiza con cada uno de estos para calcular el costo total.

Tabla 64 : Cálculo de ladrillos PET totales en soles (S/)

	CALCULO DE LADRILLOS EN SOLES		
	COSTO (S/)	CANTIDAD	TOTAL
Costo con PET comprado	S/ 1.50	6033	S/ 9,049.50
Costo con PET Reciclado	S/ 0.45	6033	S/ 2,714.85

Fuente: Propia

Ahora compararemos el precio de un ladrillo comercial King Kong de 18 huecos.

Tabla 65: Cálculo de ladrillos PET y ladrillos tradicionales totales en soles (S/)

	CALCULO DE LADRILLOS EN SOLES		
	COSTO (S/)	CANTIDAD	TOTAL
Costo con PET comprado	S/ 1.50	6033	S/ 9,049.50
Costo con PET Reciclado	S/ 0.45	6033	S/ 2,714.85
Ladrillo king kong 18 huecos	S/ 0.88	6033	S/ 5,309.04

Fuente: Propia

#### 4.5.7 Análisis del modelamiento en el software ETABS

Según los datos arrojados en la Figura 30, los desplazamientos en el eje X-X e Y-Y se encuentran en el rango de 0.005 según la Norma E030.

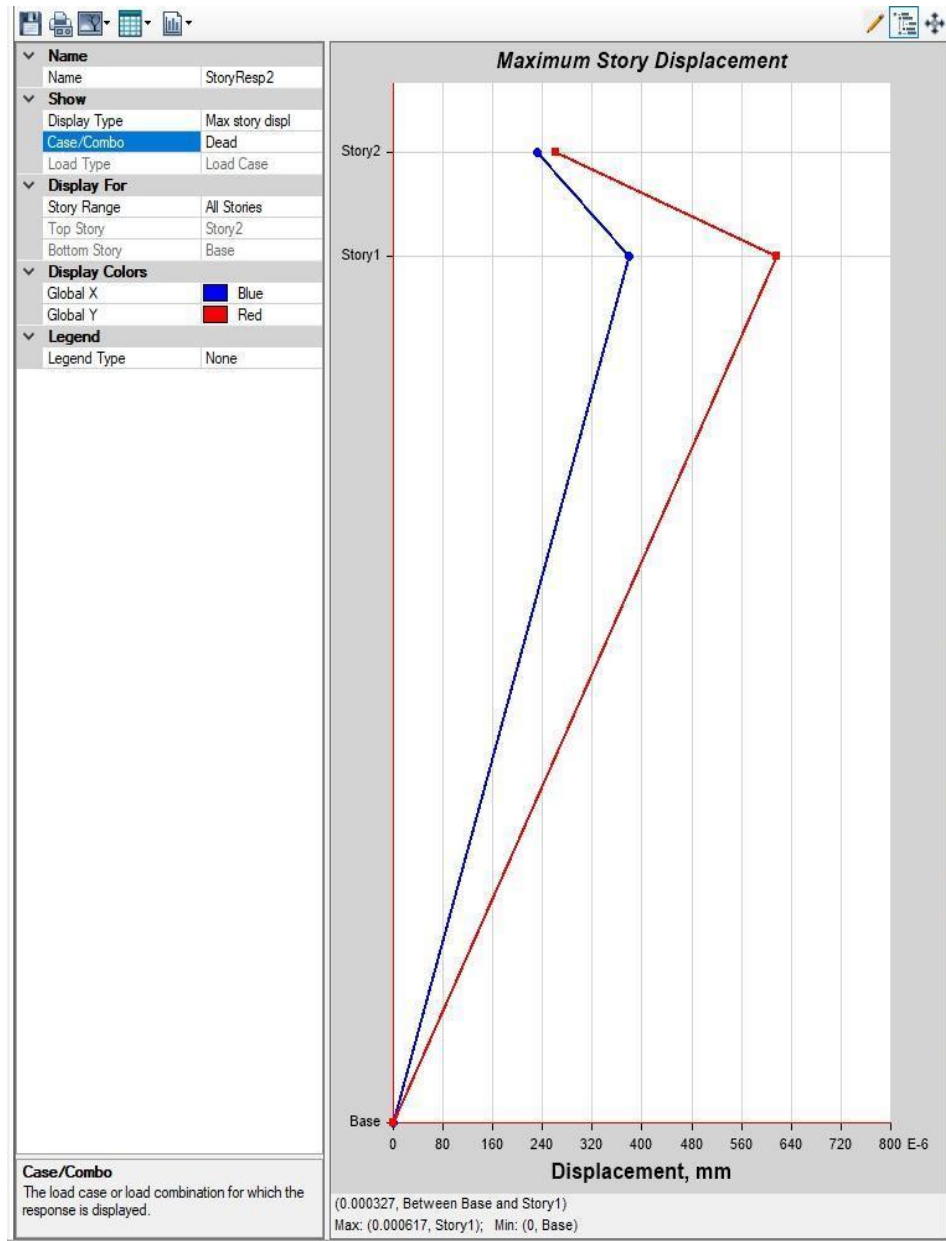


Figura 72 : Desplazamientos en los ejes X-X e Y-Y

Fuente: Elaboración propia utilizando el software ETABS

## CONCLUSIONES

1. Se diseñó la vivienda unifamiliar con ladrillos de plástico PET, tomando en cuenta las normas estipuladas por el sector de la construcción. Como primer punto evaluamos los parámetros que se establecen en la Norma Técnica Peruana E.020, la Norma Técnica Peruana E.030, Norma Técnica Peruana E.070.
2. La composición óptima para el diseño de una vivienda unifamiliar fue del ladrillo con 80% PET y 20% arena gruesa, además según los ensayos de resistencia a la compresión los ladrillos de 80% PET y 20% arena gruesa cuentan con una  $f^*b=111.47 \text{ kg/cm}^2$  la cual se encuentra en el rango permitido según la NTP E.070 y por último según los ensayos realizados al ladrillo con 80% PET y 20% arena gruesa, este llega a tener una denominación de Tipo III.
3. Debido a que el ladrillo al 80% PET y 20 arena gruesa cumple con las características óptimas según la NTP E.070, es por eso que es viable para la construcción y ya que el PET es un aislante térmico este ayuda a mantener la temperatura en el lugar.
4. El modelamiento de la vivienda unifamiliar realizada con ladrillos PET cumple con los criterios sismo resistentes, ya que su desplazamiento máximo en X es de  $380 \times 10^{-6} \text{ mm}$  y en Y es de  $625 \times 10^{-6} \text{ mm}$  y la NTP E 030 indica que no debe de superar el 0.005. El diseño arquitectónico de una vivienda se debe considerar muchos aspectos para que la vivienda sea confortable y no afecte la calidad de vida de sus habitantes. Se pudo concluir que para un clima muy frío como en Tablada es ideal recubrir el techo con Poliestireno Expandido.
5. Se analizó que el costo de un ladrillo PET con material reciclado será 48.86% más económico que un ladrillo king kong comercial. Pero si se realiza el ladrillo PET con material comprado este será 29.54% más caro que un ladrillo king kong comercial.
6. Los beneficios ambientales que se generan con la construcción de una vivienda unifamiliar con ladrillos de plástico reciclado, son considerables, debido a que se da un nuevo uso al plástico que es uno de los materiales derivados del petróleo que más contaminación genera a nivel mundial

## RECOMENDACIONES

1. Se debe tener mucho cuidado en la proporción de agregados para que así se obtengan los resultados adecuados para la NTP E.070.
2. Se tiene que realizar un buen curado del ladrillo para que a futuro no tenga ningún problema estructural.
3. Es ideal el uso de ladrillos PET para lugares con baja temperatura, pero estos deben de ir acompañados en el techo de un aislador térmico como el Poliestireno Expandido y así se podrá conservar la temperatura en el lugar.
4. Se debe utilizar burletes en las uniones de puertas y ventanas para evitar la pérdida de calor de las habitaciones.
5. Se sugiere considerar todos los aspectos que puedan hacer más comfortable la vivienda, como por ejemplo distribución de habitaciones y vientos que puedan afectar el lugar donde se ubique la vivienda
6. Se debe asociarse con empresas recolectoras de plástico o promover el reciclaje en el distrito de Villa María del Triunfo para que así no se compre el PET y esto no genere un alza en los precios del ladrillo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Fotografía de Ricardo Flores]. (Villa María del Triunfo. 2016). Diario El comercio. *Tablada de Lurín en el distrito de Villa María del Triunfo.*
- Banco Mundial. (2017). *Exportaciones de productos de alta tecnología.* Recuperado de <http://datos.bancomundial.org/indicador/TX.VAL.TECH.CD/countries>
- Mena R. (2020). *Coca-Cola, la empresa que más contamina con sus plásticos.* STATISTA. Recuperado de <https://es.statista.com/grafico/22973/cantidad-de-envases-de-plastico-producidos-anualmente/>
- Elaplas Elastómeros y Plásticos S.C.P. (s.f.) *Propiedades físicas Politereftalato de Etileno (PET).* Recuperado de <http://www.elaplas.es/materiales/plasticos-tecnicos/pet/>
- Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET (ARPET) (s.f.). *Reciclaje del PET.* Recuperado de [http://www.arpet.org/p\\_sobre\\_PET.html](http://www.arpet.org/p_sobre_PET.html)
- Ecoplas Plásticos y Medio Ambiente (s.f.) *Reciclado de plásticos.* Recuperado de <https://ecoplas.org.ar/reciclado-de-plasticos/>
- Berretta, H. Gatani, M. y Gaggino, R. (2016). *Ladrillos de plástico reciclado: una propuesta ecológica para la vivienda social (2a. ed.).* Editorial Nobuko. Recuperado de: <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/77712?page=16>
- Caballero B. & Florez O. (2016) *Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno - tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción* (tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.
- Chino L. & Mathios A. (2020) *Elaboración de ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie huayruru (ormosia coccinea) de las industrias madereras en Ucayali, Perú* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ucayali, Ucayali, Perú.

- Ccoillo, S (2019). *Temperaturas en Lima podría bajar hasta los 12°C en este invierno. La República*. Recuperado de <https://www.pressreader.com/peru/peru-la-republica/20190622/282084868333217>
- Gómez E. & Guzmán M. (2019) *Comparación entre las propiedades físicas y mecánicas de los bloques fabricados con viruta de plástico PET y los bloques tradicionales de acuerdo a la norma NTE INEN 3066* (tesis de pregrado). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Delucchi, A. (2016). *Arquitectura y sustentabilidad: cómo atraviesa la crisis ambiental la problemática del proyecto*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Nobuko. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/77407>.
- Echeverría E. (2017) *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Ecoembes. (12 de 03 de 2021). Ecoembes. Obtenido de Ecoembes: <https://www.ecoembes.com/es/ciudadanos/envases-y-proceso-reciclaje/como-reciclarbien>
- Flores J. & Ochoa R. (2019) *Evaluación comparativa de un prototipo de ladrillo macizo de cemento sustituyendo el agregado fino por PET respecto a un ladrillo artesanal* (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
- Gaggino, R., Kreiker, J., Mattioli, D. and Arguello, R., 2016. *Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plástico reciclado involucrando actores públicos y privados*.
- García, d. d. p. m. Estudio de factibilidad para la fabricación de ladrillos para jardines decorativos “Life Home” a base de plástico reciclado PET, en conjuntos residenciales de interés social, en la localidad de “USME” en la ciudad de Bogotá. Recuperado de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/35017/2/2021\\_Estudio\\_Factibilidad\\_Construccion\\_Pet\\_Trabajodegrado.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/35017/2/2021_Estudio_Factibilidad_Construccion_Pet_Trabajodegrado.pdf)

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Innovación y Cualificación, S. L. (2017). *Gestión ambiental y desarrollo sostenible*. IC Editorial. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/124252>

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (1978) ITENTEC 331.017 Elementos de arcilla cocida. Recuperado de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/13236728/norma-itintec-331017-ladrillos-ital>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2020). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales, 2020. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1760/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1760/libro.pdf)

Mendez L. & Ortiz G. (2019) *Influencia del reemplazo de arena por residuos sólidos urbanos sobre las propiedades físicas y mecánicas en morteros ecológicos* (tesis de pregrado). Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, Trujillo, Perú.

Miceli, A. (2016). *Arquitectura sustentable: más que una nueva tendencia, una necesidad*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Nobuko. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/77406>.

Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento (2020) Norma técnica E.070 Albañilería. Recuperado de: <https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5blTu7uyv/view>

Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento (2020) Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente. Recuperado de: <https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>.

- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). SENAMHI monitorea la temperatura con estación portátil en "Ticlio Chico". Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=prensa&n=834>
- Ministerio de Salud (2019) Análisis de situación de Salud en el distrito de Villa María del Triunfo. Recuperado, ASIS-2019 de: [https://www.dge.gob.pe/portal/docs/asis-lima-2019/CD\\_MINSA/DOCUMENTOS\\_ASIS/ASIS\\_DISTRITO%20VILLA%20MARI A%20EL%20TRIUNFO%202019.pdf](https://www.dge.gob.pe/portal/docs/asis-lima-2019/CD_MINSA/DOCUMENTOS_ASIS/ASIS_DISTRITO%20VILLA%20MARI A%20EL%20TRIUNFO%202019.pdf)
- Montenegro, R. (2006) Incendios y desmonte, un cóctel letal. *Diario La Voz del Interior*. Recuperado de <https://www.lavoz.com.ar/>
- Montes, S (2019). Seis países alrededor del mundo reciclan más de 50% de basura durante el año. *La República*. Recuperado de <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/seis-paises-alrededor-del-mundo-reciclan-mas-de-50-de-su-basura-durante-el-ano-2813051>
- Moya, J. C., Cevallos, E. D., & Endara, E. X. (2019). La Construcción Sostenible A Partir Del Empleo Del Ladrillos Tipo PET. *INGENIO*, 2(1), 24–32. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v2i1.1632>
- Moyer, E. (17 de mayo de 2018). Día del Reciclaje: ¿Qué tanto se recicla en América Latina? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.nrdc.org/es/experts/erika-moyer/dia-reciclaje-tanto-recicla-america-latina>
- Municipalidad Metropolitana de Lima (MUNLIMA). (2014). Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Lima - PIGARS (2015-2025). Obtenido de <http://smia.munlima.gob.pe/documentos-publicacion/detalle/112>.
- Municipalidad de Villa María del Triunfo (MUNIVMT) (2020). Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental – PLANEFA 2021 de la Municipalidad de Villa María del Triunfo. Obtenido de [http://munivmt.gob.pe/resolucion\\_alcaldia/2020/resolucion\\_alcaldia\\_029-2020-MVMT.pdf](http://munivmt.gob.pe/resolucion_alcaldia/2020/resolucion_alcaldia_029-2020-MVMT.pdf).
- La Red Latinoamericana y del Caribe de Recicladores - RED LACRE. *Análisis de Políticas Públicas para el Reciclaje Inclusivo en América Latina*. Recuperado de

<https://www.rds.org.co/es/novedades/analisis-de-politicas-publicas-para-el-reciclaje-inclusivo-en-america-latina>

Organización de las Naciones Unidas - ONU (2019). *Comó la basura afecta al desarrollo de América Latina*. Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>

Paniagua Guzmán1, L.J. (s.f). *Condiciones micro climáticas en las lomas costeras y riesgos a la salud de los pobladores en lima metropolitana*. Recuperado de [http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Procesosambientales/Clima teología/14.pdf](http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Procesosambientales/Clima%20teología/14.pdf)

Puentes Cassab, D. A. (2021). *Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo proveniente de fábricas ubicadas en la zona norte del departamento del Valle del Cauca en Colombia* (Bachelor's thesis, Corporación Universidad de la Costa). Recuperado de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/8235/An%20comp%20parativo%20de%20las%20propiedades%20f%20c%20adsicas%20y%20mec%20c%20a%20nicas%20de%20los%20ladrillos%20de%20arcilla%20como%20elemento%20constructivo%20proveniente%20de%20f%20c%20a%20bricas%20ubicadas%20en%20la%20zona%20norte%20del%20departamento%20del%20Valle%20del%20Cauca%20en%20Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valdivia R. (2019) *Evaluación de las características físico mecánicas de ladrillos tipo iv compuesto de arena gruesa y de polímeros PET en base a la norma técnica E-070* (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.

Vadillo, J. (2020). *Reciclar: la palabra clave*. *El Peruano*. Recuperado de <https://elperuano.pe/noticia/106181-reciclar-la-palabra-clave>

Serrano F; Pérez Ruiz. (2017) *Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable. Una práctica para protección del ambiente* Industrial Data, vol. 20, núm. 1, 2017, Universidad Nacional Mayor de San Marcos [Fecha de consulta: 8 de julio de 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81652135016>

Serra Florensa, R. y Coch Roura, H. (2019). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/127262>.

## ANEXOS

### Anexo 1: TERMOMETRO IR FLUKE 62 MAX

**FLUKE.**

### Termómetro IR Fluke 62 MAX



#### Características principales

- El termómetro Fluke 62 MAX permite medir temperaturas de -30 °C a 500 °C (-22 °F a 932 °F) y el termómetro Fluke 62 MAX+ mide temperaturas de -30 °C a 650 °C (-22 °F a 1202 °F).
- **Extremadamente precisos:** hasta +1.0 °C o +1.0 % de alcance (Fluke 62 MAX+)
- La clasificación IP54 de resistencia al agua y al polvo le permite trabajar bajo cualquier condición climatológica e incluso en las zonas industriales más sucias o polvorientas.
- Suficientemente resistentes como para aguantar caídas de hasta 3 m. Ya no tendrá que preocuparse incluso si tiene que trabajar subido a una escalera.
- Pequeños y ligeros, además cuentan con una pinza que se adapta perfectamente al cinturón y cabe sin problemas en su caja de herramientas.
- **Hasta una distancia a punto de 12:1 (Fluke 62 MAX+):** tecnología láser precisa para realizar mediciones más exactas y repetibles.
- **Doble láser:** el termómetro 62 MAX+ dispone de dos láseres que le ayudan a identificar la zona que desea medir.

- **Gran pantalla con retroiluminación:** la pantalla de gran tamaño facilita la lectura de los datos, incluso en zonas oscuras.
- **Valores Min/Max/Avg/Dif (Mín./Máx./Prom./Dif.):** muestra los valores de temperatura máximos o mínimos, así como la media o la diferencia entre dos medidas.
- **Alarma:** alarma "Hi" y "Lo" para una visualización rápida de las medidas que están fuera de los límites.
- **Alimentación:** tanto el 62 MAX como el 62 MAX+ se alimentan con una única batería AA estándar.
- 3 años de garantía

## Descripción general del producto: Termómetro IR Fluke 62 MAX

### Pequeños en tamaño. Grandes en resistencia

Los termómetros IR Fluke 62 MAX y 62 MAX+ son todo lo que podría esperar de los expertos en medición de temperatura de transformadores, motores, bombas, paneles, disyuntores, compresores, conductos, tuberías de vapor y válvulas en zonas de difícil acceso para llevar a cabo reparaciones y labores de mantenimiento. Pequeños en tamaño, extremadamente precisos y fáciles de usar. Clasificación IP54 a prueba de polvo y agua. Preciso y lo suficientemente resistente para soportar una caída de hasta 3 metros de altura.

### Especificaciones: Termómetro IR Fluke 62 MAX

<b>Especificaciones</b>	
Rango de temperatura	-30 °C a 500 °C (-22 °F a 932 °F)
Precisión	±1.5 °C o ±1.5 % de lectura, el valor mayor de los dos -10 °C a 0 °C: ±2.0 -30 °C a -10 °C: ±3.0
Tiempo de respuesta (95 %)	< 500 ms (95 % de la lectura)
Respuesta espectral	8 a 14 micrones
Emisividad	0.10 a 1.00
Resolución óptica	10:1 (calculado al 90 % de energía)
Resolución de la pantalla	0.1 °C (0.2 °F)
Repetibilidad de lecturas	±0.8 % de la lectura o <±1.0 °C (2 °F), el mayor valor
Alimentación	Batería AA
Duración de la batería	10 horas con láser y retroiluminación encendidos
<b>Especificaciones físicas</b>	
Peso	255 g (8.99 oz)

Dimensiones	175 x 85 x 75 mm (6.88 x 3.34 x 2.95 pulg.)	
Temperatura de funcionamiento	0 °C a 50 °C (32 °F a 122 °F)	
Temperatura de almacenamiento	-20 °C a 60 °C (-4 °F a 140 °F), (sin batería)	
Humedad de funcionamiento	10 % a 90 % de humedad relativa sin condensación, a 30 °C (86 °F)	
Altitud de trabajo	2000 metros sobre el nivel del mar	
Altitud de almacenamiento	12 000 metros sobre el nivel del mar	
Clasificación IP	IP 54 según la norma IEC 60529	
Prueba de caída	3 metros	
Resistencia a choques y vibraciones	IEC 68-2-6 2.5 g, de 10 a 200 Hz, IEC 68-2-27, 50 g, 11 ms	
EMC	EN 61326-1:2006 EN 61326-2:2006	
Normas y aprobaciones de organismos estatales	Conformidad	EN/IEC 61010-1: 2001
	Seguridad láser	FDA y norma EN 60825-1 Clase II

## Modelos: Termómetro IR Fluke 62 MAX

**Fluke 62 MAX**  
 Fluke 62 MAX Infrared Thermometer

Includes:

- Single laser infrared thermometer
- 10:1 spot

Compre (/es-pe/donde-comprar?  
 from=fluke-62-max)

## Recursos: Termómetro IR Fluke 62 MAX



## Anexo 2: CATÁLOGO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO



### Catálogo Poliestireno expandido

**Poliestireno expandido de 1" 1.20 x 2.40 metros**

Etsapol 11760



#### FICHA TÉCNICA

<b>Despacho 24 horas</b> Sí	<b>Características</b> Material extraordinariamente versátil, numerosas aplicaciones en la construcción, tales como: juntas de dilatación, bovedillas y casetones, bandejas sanitarias, elementos decorativos de interiores, etc. Esta amplia presencia resulta un material económico gracias a la rapidez que brinda en el tiempo de ejecución de obras, su poco peso, adecuado comportamiento frente al agua, alta resistencia mecánica y a la difusión del vapor de agua.
<b>Garantía</b> 1 Año	<b>Observaciones</b> El fue se autoextingue al contacto con este producto.
<b>Profundidad Del Producto</b> 120 cm	<b>Recomendaciones De Uso</b> Mantener el producto en un lugar limpio y ventilado, lejos de humedad.
<b>Altura Del Producto</b> 240 cm	<b>Modelo</b> Expandido
<b>Tipo de Producto</b> Poliestireno	<b>Ancho Del Producto</b> 2.5 cm
<b>Material</b> Poliestireno	<b>Color</b> Blanco
<b>Número de piezas</b> 1	<b>Resistencia al fuego</b> Sí
<b>Resistente a la humedad</b> Sí	<b>Marca</b> Etsapol
<b>Espesor</b> 1 "	<b>Aislante</b> Sí
<b>Advertencia de uso</b> Mantener fuera del alcance de los niños. Leer indicaciones del producto antes de utilizar (si lo tuviera), para obtener un buen desempeño del producto. Utilizar los equipos de seguridad adecuados. Usar la herramienta para el trabajo que fue diseñado.	<b>Uso</b> Aislante térmico para viviendas.

Despacho a Domicilio



Financiamiento



Poliestireno expandido de 1" 1.20 x 2.40 metros



## Anexo 3: Cobertura de Aluzinc




### COBERTURA DE ALUZINC TIPO TR4

### FICHA TECNICA

El Aluzinc (Aluminio-Zinc) es una aleación de aluminio y zinc. Esta fusión de metales es utilizada con frecuencia como capa de recubrimiento anticorrosivo para láminas de acero que son destinadas a cubrir el exterior de los techos. La composición se patentó por primera vez por una firma norteamericana llamada Bethlehem Steel a principios de los años 1960. El uso en la repostería y panadería no es adecuado ya que en su fabricación contiene amoníaco. Los materiales apropiados para la fabricación de productos de repostería y panadería es el aluminio 3003, acero, estos materiales son apropiados para ese uso. Los químicos usados en la fabricación del aluzinc pueden ser cancerígenos no pasan inspección de Digesa y no son aptos para alimentos.

Su composición es la siguiente: Aluminio - 55%Zinc - 43,4%Silicio - 1,6%

#### CARACTERISTICAS

- Material : Aluzinc Az150, Az200
- Espesor : 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.60, 0.70 (cualquier otro consultar)
- Peralte : 50mm.
- Ancho Útil : 1000mm.
- Longitud : A Medida.

### PERFIL 4-TR

Ancho Útil 1000 mm



Material	Características	Ventajas
Galvanizado	STM-A-653 Recubrimiento 660-180gr/mt2 Espesores: 0.35, 0.40, 0.50, 0.60mm	Resistente a la corrosión
Aluzinc Natural	STM-A-792 Recubrimiento AZ 200gr/mt2 Espesores: 0.35, 0.40, 0.50, 0.60mm	Alta resistencia a corrosión, Alta reflectividad a los rayos solares
Aluzinc Prepintado	Aluzinc ASTM-A792 Pintura(cara superior) Poliester liquido 25micras pintura (cara inferior) Poliester liquido 10micras	Alta resistencia a corrosión, en ambientes agresivos. Variedad de colores
Traslucido	Polycarbonato 1mm	Evita iluminación artificial de día. Alta transmisión de luz. Resistencia rayos UV

#### DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

ESPESOR (mm)	PESO PANEL (kg/m)	LONGITUD ENTRE APOYOS (mts)		
		1.00	1.50	2.00
0.35 - 0.40	3.35	266.00	117.00	-
0.45 - 0.50	4.3	342.00	150.00	-
0.55 - 0.60	5.26	419.00	183.00	101.00
0.75 - 0.80	7.17	571.00	250.00	137.00

Dirección : Calle 13 Mz "N" Lote 8 El Asesor Ate Vitarte, Lima - Perú / E-Mail : [div.medical@cytgroup.pe](mailto:div.medical@cytgroup.pe) / Celular : 918 388 035 - 946 409 083

## Anexo 4: Maquina Trituradora PET

ASIAN MACHINERY USA Inc.

www.asianmachineryusa.com



Asian Machinery U.S.A., Inc  
3 SW 129TH Avenue, Suite 208  
Pembroke Pines, FL 33027, U.S.A.  
Tel: 305-594 1075

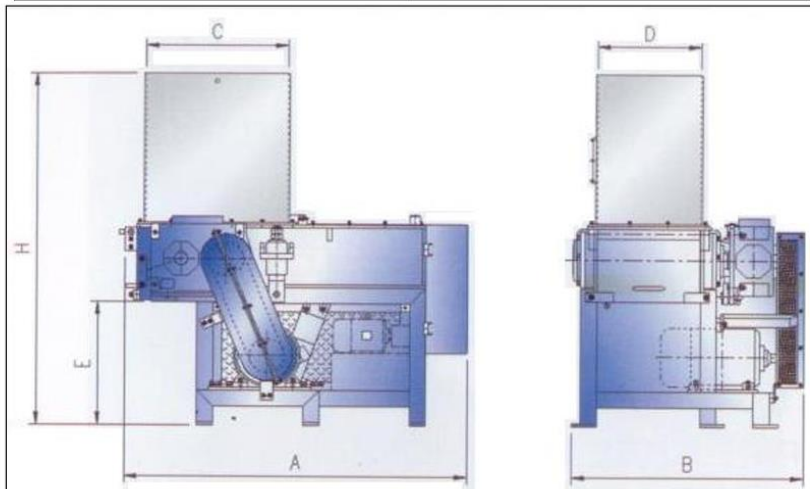


MODELO: VMWT2250  
TRITURADORA DE UN SOLO EJE



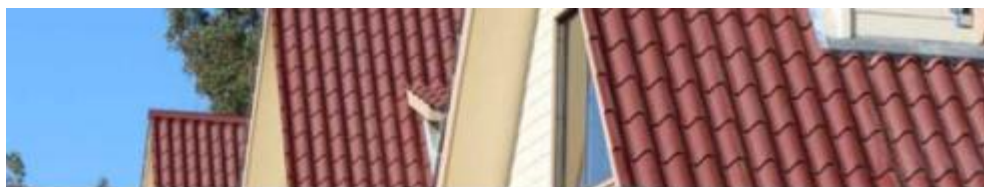
### ESPECIFICACIONES

APERTURA DE CILINDRO	400 MM
DIAMETRO DE ROTOR	Φ 220 MM
VELOCIDAD DE EJE	83 R/MIN
MALLA	Φ 40 MM
CUCHILLAS DE ROTOR	26 PCS
CUCHILLAS FIJAS	4 PCS
POTENCIA DEL MOTOR PRINCIPAL	15 KW / 20 HP
POTENCIA DEL MOTOR HIDRAULICO	2.2 KW
PESO	1400 KG



A (MM):	1665
B (MM):	1130
C (MM):	690
D (MM):	500
E (MM):	630
H (MM):	1785

## Anexo 5: Teja Continua de TUPEMESA



### Accesorios Recomendados

Cada tipo de Teja Continua: Curva, Apaisada o Colonial, posee una Tapa onda respectivo. La cumbrera y canaleta son comunes para ambas.

Solo se vende el caballete, los demás accesorios se deben de fabricar con el fleje o plancha lisa.



### Tornillos y aplicaciones



Central: (01) 637-0000  
Televentas: (01) 637-0082  
Correo: [ventas@tupemesa.com.pe](mailto:ventas@tupemesa.com.pe)  
[www.tupemesa.com.pe](http://www.tupemesa.com.pe)  
Av. Industrial N° s/n Z.I. Predio al Amonte, Lurin, Lima

**TUPEMESA**  
Una solución a cada reto



### Cumbrera

Soluciona con alfilerado en la cresta

Tornillo 1/4" x 2" auto perforante, con gollita acero-neopreno 1

Si se fija a estructura utilizar tornillos 1 2 3

Fijación cada 2 ondas (42 cm)

Dréjaga TUPEMESA

Zona Cumbrera

### Canaleta

Utilizada como bajada de agua en encuentros de pendientes.

**Unión de Teja a Canaleta por medio**

Tornillo 1/4" x 2" auto perforante, con gollita acero-neopreno 1

Si se fija a costanera utilizar tornillos 1 2 3

Fijación cada 2 ondas (50 cm)

Dréjaga TUPEMESA

Zona Canaleta

1 A costaneta 0,5 mm  
Tornillo 1/4" x 2" auto perforante, punta fina con gollita acero-neopreno

2 A costaneta 0,85 mm  
Tornillo 1/4" x 2" auto perforante, punta braca con gollita acero-neopreno

Central: (01) 637-0000  
 Televentas: (01) 637-0082  
 Correo: [ventas@tupemesa.com.pe](mailto:ventas@tupemesa.com.pe)  
[www.tupemesa.com.pe](http://www.tupemesa.com.pe)  
 Av. Industrial N° s/n Z.I. Predio al Amento, Lurin, Lima

**TUPEMESA**  
 Una solución a cada reto