

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



“REUTILIZACIÓN DE PLÁSTICO POLIETILEN-TEREFTALATO (PET) COMO MATERIA PRIMA EN LA ELABORACIÓN DE ECOLADRILLOS PARA ALBAÑILERÍA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN”

Tesis presentada por los Bachilleres:

Romaña Vilca, Alexander Jesús

Salas Arredondo, Stephanie Milene

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Rosas Espinoza, Jorge

Arequipa – Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 30 de Enero del 2021

Dictamen: 001066-C-EPIC-2021

Visto el borrador del expediente 001066, presentado por:

2009100862 - SALAS ARREDONDO STEPHANIE MILENE

2009223821 - ROMAÑA VILCA ALEXANDER JESUS

Titulado:

**REUTILIZACIÓN DE PLÁSTICO POLIETILEN-TEREFTALATO (PET) COMO MATERIA PRIMA EN
LA ELABORACIÓN DE ECOLADRILLOS PARA ALBAÑILERÍA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE
PARA LA CONSTRUCCIÓN**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1887 - GUILLEN MALAGA MILAGROS SOCORRO
DICTAMINADOR**



**2766 - ROSAS ESPINOZA JORGE
DICTAMINADOR**



**2778 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO
DICTAMINADOR**



AGRADECIMIENTO

Primero, agradecemos a Dios, por bendecirnos y guiar nuestro camino a lo largo de esta carrera, por darnos salud, sabiduría y permitarnos alcanzar esta meta.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional. Sin ellos no habría sido posible culminar este trabajo.

Al ingeniero Jorge Rosas, por su apoyo y asesoramiento durante el desarrollo de este proyecto.

A nuestro amigo Richard Pilco, por su amistad, cariño y apoyo en el transcurso de este trabajo. Por sus palabras, motivación y por habernos tendido la mano en este largo camino.

Muchas gracias por todo, a todas las personas que nos han alentado para continuar hasta poder alcanzar este logro.

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo en la elaboración de la tesis va dedicado primero a Dios, por el apoyo y fuerza de voluntad brindada en todos mis años de carrera universitaria, que te impulsan y dan fortaleza en los momentos más difíciles.

A mi familia, mis padres Alejandro y Lourdes por su esfuerzo y apoyo incondicional, por el aliento y animo brindados.

Alexander Romaña Vilca

Le dedico a Dios el siguiente trabajo, por guiarme, bendecirme y permitirme vivir esta experiencia.

A mis padres Joana y Miguel Ángel, por confiar en mí y apoyarme incondicionalmente en cada proyecto. Por todo su esfuerzo y gran trabajo en su crianza. Sin ustedes no sería quien ahora soy.

A mis hermanas Alessandra y Ariana, por ser mi alegría más grande y mi principal motor para nunca rendirme.

A mi compañero de vida, Roy Fernando, por todo el amor y apoyo que recibo día a día, por alentarme durante este camino y creer en mí.

A mi Mechita y mi Lulita, hasta el cielo, les dedico cada logro en mi vida.

Stephanie Salas Arredondo

RESUMEN

En la actualidad, el tema del reciclaje y el hallazgo de nuevas soluciones sustentables han cobrado gran importancia debido a la degradación avanzada del medio ambiente en el que residimos derivando en cambios climáticos y deterioros de la capa de ozono que ocasionan desastres naturales alrededor del mundo. Investigaciones han logrado aprovechar los desechos y convertirlos en útiles para su introducción en el área de la construcción mediante un proceso para su adecuada reutilización, gracias al uso de los llamados plásticos como una de las materias primas en los bloques de plástico reciclado, logrando así un ahorro no solo de costos sino de energía sin comprometer las propiedades del producto resultante (ecoladrillo). La generación anual de toneladas de material plástico como el de las botellas, de donde se obtiene principalmente el material Polietileno-tereftalato (PET) hace posible la solvencia de esta investigación, basándonos en la gran cantidad de materia prima que se posee para las pruebas en laboratorio.

Por consiguiente, el impacto medioambiental debido a la construcción que consume la mayoría de recursos de origen natural se vería gravemente impactado debido al incremento de uso de materiales de construcción de origen sostenible, haciendo uso eficiente del reciclaje para el beneficio mundial.

Esta investigación hace uso de la reutilización del material Polietileno –Tereftalato (PET) como materia prima de ecoladrillos adecuados para la albañilería sostenible en el sector de la construcción, analizando a fondo sus propiedades físicas y mecánicas para el cumplimiento de la norma E-070.

Palabras claves: ladrillo, ecoladrillo, PET, albañilería.

ABSTRACT

Currently, the issue of recycling and the discovery of new sustainable solutions have become very important due to the advanced degradation of the environment in which we reside, leading to climatic changes and deterioration of the ozone layer that cause natural disasters around the world. Research has managed to take advantage of the waste and make them useful for their introduction in the construction area through a process for their adequate reuse, thanks to the use of so-called plastics as one of the raw materials in recycled plastic blocks, thus achieving savings not only in costs but also in energy without compromising the properties of the resulting product (eco brick). The annual generation of tons of plastic material such as bottles, from which the Polyethylene terephthalate (PET) material is mainly obtained, makes the solvency of this research possible, based on the large amount of raw material that is possessed for laboratory tests.

Consequently, the environmental impact due to the construction that consumes the majority of resources of natural origin would be seriously impacted due to the increased use of construction materials of sustainable origin, making efficient use of recycling for the global benefit.

This research makes use of the reuse of the Polyethylene-Terephthalate (PET) material as a raw material for eco-bricks suitable for sustainable masonry in the construction sector, analyzing its physical and mechanical properties to comply with the E-070 standard

Key words: brick, eco-brick, PET, masonry.

INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la historia el hombre ha tratado de hallar a través de la creación de materiales, beneficios de los que carecen los materiales naturales. Cambiando gradualmente la composición de estos materiales, hace aproximadamente unos 100 años aparecieron los plásticos que conocemos hoy en día.

Alexander Parkes (1855) fue uno de los primeros inventores de la parkesina o celuloide como se conoce en la actualidad. Sin embargo, después de la creación de la baquelita en 1907, con material sintético, perteneciente al químico belga-americano Baekeland, se crearon una amplia gama de plásticos con distintas propiedades que utilizamos el día de hoy en todas ocasiones y en todas sus presentaciones. (Plastics Europe, 2020)

El medio ambiente presenta un deterioro progresivo de pasos agigantados debido a la contaminación, el mayor desecho que se encuentran como principal aportador de esta degradación ambiental es el plástico, según la ONU solo el 9% del plástico se recicla, considerando que al año se producen alrededor de 400 millones de toneladas de plástico, es una cifra alarmante; teniendo en cuenta que se proyecta que en 2050 habría más de 12000 toneladas de plástico en el medioambiente. (Agencia EFE, 2018)

Las cifras en nuestro país alcanzan hasta los 30 kilos de plástico producido por persona; solo en Lima y el Callao se producen 886 toneladas de residuo plástico por día llegando a alcanzar casi el 50% de desechos producidos a nivel nacional. (Ministerio del Ambiente)

Según Greenpeace, el tereftalato de polietileno (PET) es uno de los plásticos con mayor índice de reutilización a nivel mundial gracias a sus características, se trata de un material de resina idóneo para el reciclaje. Y es que este tipo de plástico, después de pasar por un proceso de reciclaje no puede ser utilizado nuevamente para el almacenaje de alimentos

debido a que podría generar problemas respiratorios por la presencia de partículas imperceptibles a simple vista. (Semana Sostenible, 2016)

Es por ello que el uso de este material plástico (PET) en el desarrollo de nuevas alternativas sostenibles de producción de ladrillos ecológicos es conveniente para la investigación.



ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN.....	vii
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Diagnóstico situacional	2
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Hipótesis.....	4
1.5 Alcance.....	5
1.6 Variable independiente y dependiente	6
1.6.1 Variable independiente	6
1.6.2 Variable dependiente	6
1.7 Limitantes.....	7
CAPITULO II FUNDAMENTO TEÓRICO	8

2.1	Marco legal.....	9
2.1.1	Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.....	9
2.2	Marco teórico	9
2.2.1	Ladrillo de arcilla cocida	9
2.2.2	Impacto ambiental de la fabricación de ladrillos de arcilla cocida	14
2.2.3	El plástico	16
2.2.4	Reciclaje y desarrollo sustentable	18
2.2.5	Ecoladrillos de PET	20
2.2.6	Mortero para la albañilería.....	23
2.3	Antecedentes y Estado del arte	25
2.3.1	Antecedentes	25
2.3.2	Estado del arte.....	28
CAPITULO III METODOLOGÍA.....		30
3.1	Primera Etapa - Tipo de investigación.....	31
3.1.1	Descriptiva	31
3.1.2	Cuantitativa	31
3.1.3	Experimental	32
3.1.4	Inductiva-Analítica	32
3.2	Campo de verificación.....	32
3.2.1	Ubicación y características	32
3.2.2	Unidad de estudio	32
3.3	Determinación de la población	32

3.3.1	Población.....	32
3.3.2	Muestra.....	33
3.3.3	Tamaño del muestreo.....	33
3.4	Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos.....	33
3.4.1	Cuantitativa	33
3.4.2	Observación.....	33
3.5	Materiales y equipos.....	33
3.5.1	Materiales	33
3.5.2	Equipos.....	34
3.6	Segunda Etapa - Métodos de ensayos para fabricación de los ecoladrillos.....	34
3.6.1	Preparación de muestras	34
3.6.2	Variación de dimensiones y alabeo.....	35
3.6.3	Ensayo de absorción	37
3.6.4	Ensayo de succión	37
3.6.5	Densidad.....	38
3.6.6	Ensayo de resistencia a compresión simple	38
3.6.7	Ensayo de compresión axial y tracción diagonal	39
CAPITULO IV ENSAYOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS		42
4.1	Presentación de resultados.....	43
4.1.1	Etapa I	43
4.1.2	Etapa II	45
4.1.3	Etapa III.....	60

4.1.4	Etapa IV.....	73
4.1.5	Etapa V.....	80
4.1.6	Etapa VI.....	85
CAPITULO V ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.....		182
5.1	Fabricación de ecoladrillo PET	183
5.1.1	Materiales	183
5.1.2	Mano de obra y rendimientos	183
5.1.3	Equipo y herramientas	183
5.1.4	Análisis de precios unitarios	183
5.2	Análisis comparativo de costos	186
5.2.1	Muro a Base de Ecoladrillo PET	186
5.2.2	Muro a base de ladrillo de arcilla artesanal	187
5.2.3	Muro a base de bloqueta de concreto.....	188
5.2.4	Muro a base de ladrillo King Kong 18 huecos.....	190
5.2.5	Análisis comparativo	192
CONCLUSIONES.....		193
RECOMENDACIONES.....		195
REFERENCIAS.....		196
ANEXOS.....		201
Anexo 1: Etapas.....		201
Anexo 2: Matriz de consistencia		211

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables	7
Tabla 2. Según las dimensiones.....	12
Tabla 3. Consecuencias ambientales	16
Tabla 4. Aplicación	24
Tabla 5. Estado del arte	28
Tabla 6. Primeras dosificaciones en porcentaje	43
Tabla 7. Volumen del ecoladrillo	43
Tabla 8 . Volúmenes de Cemento y PET de acuerdo a su porcentaje de dosificación	43
Tabla 9. Densidades de los materiales, calculados inicialmente	44
Tabla 10 . Pesos de los materiales por ladrillo, de acuerdo a su volumen en dosificación y su densidad.....	44
Tabla 11. Dosificaciones	46
Tabla 12. Dosificaciones en volumen para D5, D6 y D7.....	46
Tabla 13. Muestras por cada dosificación	47
Tabla 14. Dosificaciones en volumen	47
Tabla 15. Dosificaciones en peso.....	48
Tabla 16. Altura	48
Tabla 17. Largo	50
Tabla 18. Ancho.....	52
Tabla 19. Resumen y clasificación de muestras.....	53
Tabla 20. Alabeo.....	54
Tabla 21. Ensayo de resistencia a compresión simple.....	56
Tabla 22. Diseño C original (45.0% PET) y sus variaciones A, B y C:	60
Tabla 23. Diseño D original (42.5% PET) y sus variaciones A, B y C:	60
Tabla 24. Diseño E original (40.0% PET) y sus variaciones A, B y C:	60

Tabla 25. Altura de variaciones de C, D y E.....	61
Tabla 26. Largo de variaciones de C, D y E	64
Tabla 27. Ancho de variaciones de C, D y E	66
Tabla 28. Resumen y clasificación de muestras.....	67
Tabla 29. Alabeo de variaciones de C, D y E	68
Tabla 30. Ensayo de resistencia a compresión simple de C,D y E	70
Tabla 31. Diseño C original (45.0% PET) y su variación A'	74
Tabla 32. Diseño D original (42.5% PET) y sus variaciones A', B' y C':.....	74
Tabla 33. Diseño E original (40.0% PET) y su variación A':.....	74
Tabla 34. Variación de dimensiones - Altura	74
Tabla 35. Variación de dimensiones- Largo	75
Tabla 36. Variación de dimensiones - Ancho.....	76
Tabla 37. Resumen y clasificación de muestra	76
Tabla 38. Alabeo de variaciones con A', B' y C'	77
Tabla 39. Resistencia a la compresión simple con A', B' y C'	78
Tabla 40. Resultado del diseño CA'	81
Tabla 41. Resultado del diseño DC'	82
Tabla 42. Resultado de las roturas CA'	84
Tabla 43. Resultado de las roturas DC'	84
Tabla 44. Características del ecoladrillo	86
Tabla 45. Densidad mínima de muros en dirección X.....	88
Tabla 46. Espesor equivalente.....	89
Tabla 47. Densidad mínima de muros en dirección Y.....	89
Tabla 48. Esfuerzo axial del primer nivel	104
Tabla 49. Esfuerzo axial del segundo nivel	105
Tabla 50. Esfuerzo axial del tercer nivel	106

Tabla 51. Factor masa participativa.....	107
Tabla 52. Periodos.....	107
Tabla 53. Peso de la edificación	108
Tabla 54. Factor de suelo "S"	108
Tabla 55. Periodos "TP" Y "TL"	108
Tabla 56. Valores calculados	109
Tabla 57. Cálculo de la cortante estática en XX.....	110
Tabla 58. Verificación	110
Tabla 59. Valores calculados	110
Tabla 60. Cálculo de la cortante estática en YY	111
Tabla 61. Verificación	111
Tabla 62. Valores en la dirección XX.....	112
Tabla 63. Dirección XX.....	112
Tabla 64. Valores en la dirección YY	113
Tabla 65. Dirección YY	113
Tabla 66. Datos para la fórmula de la Norma E. 030	114
Tabla 67. Datos para espectro.....	115
Tabla 68. Datos obtenidos.....	120
Tabla 69. Sismo estático XX.....	123
Tabla 70. Sismo estático YY	123
Tabla 71. Sismo dinámico XX.....	123
Tabla 72. Sismo dinámico YY	124
Tabla 73. Irregularidad torsional - SEXX	125
Tabla 74. Irregularidad torsional - SEYY.....	125
Tabla 75. Irregularidad torsional - SDXX.....	126
Tabla 76. Irregularidad torsional - SDYY	126

Tabla 77. Irregularidad torsional extrema - SEXX	127
Tabla 78. Irregularidad torsional extrema - SEYY	128
Tabla 79. Irregularidad torsional extrema - SDXX.....	128
Tabla 80. Irregularidad torsional extrema - SDXX.....	129
Tabla 81. Irregularidad piso blando SEXX	130
Tabla 82. Irregularidad piso blando SEYY	131
Tabla 83. Irregularidad piso blando SDXX.....	132
Tabla 84. Irregularidad piso blando SDYY.....	133
Tabla 85. Irregularidad piso débil SEXX	134
Tabla 86. Irregularidad piso débil SEYY	135
Tabla 87. Irregularidad piso débil SDXX.....	135
Tabla 88. Irregularidad piso débil SDYY	136
Tabla 89. Irregularidad extrema SEXX	137
Tabla 90. Irregularidad extrema SEYY	137
Tabla 91. Irregularidad extrema SDXX.....	138
Tabla 92. Irregularidad extrema SDYY	138
Tabla 93. Irregularidad extrema resistencia SEXX	139
Tabla 94. Irregularidad extrema resistencia SEYY.....	140
Tabla 95. Irregularidad extrema resistencia SDXX.....	140
Tabla 96. Irregularidad extrema resistencia SDYY	141
Tabla 97. Valores de parámetros	142
Tabla 98. Modos de vibración	142
Tabla 99. Cortante estática en X-X	143
Tabla 100. Cortante estática en Y-Y.....	143
Tabla 101. Cortante dinámica en X-X e Y-Y.....	144
Tabla 102. Verificación de fisuración en el primer nivel.....	147

Tabla 103. Verificación de fisuración en el segundo nivel	148
Tabla 104. Verificación de fisuración en el tercer nivel	149
Tabla 105. Verificación de resistencia al corte en el primer nivel	150
Tabla 106. Verificación de resistencia al corte en el segundo nivel.....	150
Tabla 107. Verificación de resistencia al corte en el tercer nivel.....	151
Tabla 108. Fuerzas internas en el primer nivel	152
Tabla 109. Fuerzas internas en el segundo nivel	152
Tabla 110. Fuerzas internas en el tercer nivel	153
Tabla 111. Refuerzo horizontal en el primer nivel.....	154
Tabla 112. Refuerzo horizontal en el segundo nivel	155
Tabla 113. Refuerzo horizontal en el tercer nivel.....	156
Tabla 114. Agrietamiento en el segundo nivel	157
Tabla 115. Agrietamiento en el tercer nivel	157
Tabla 116. Fuerzas internas en columnas de confinamiento en el primer nivel.....	158
Tabla 117. Fuerzas internas en columnas de confinamiento en el segundo nivel	159
Tabla 118. Fuerzas internas en columnas de confinamiento en el tercer nivel.....	159
Tabla 119. Sección en el primer nivel	161
Tabla 120. Refuerzo de columna de confinamiento en el primer nivel	162
Tabla 121. Sección en el segundo nivel	163
Tabla 122. Refuerzo de columna de confinamiento en el segundo nivel	164
Tabla 123. Sección en el tercer nivel	165
Tabla 124. Refuerzo de columna de confinamiento en el tercer nivel	166
Tabla 125. Estribos de confinamiento en el primer nivel	168
Tabla 126. Estribos de confinamiento en el segundo nivel	169
Tabla 127. Estribos de confinamiento en el tercer nivel	170
Tabla 128. Vigas soleras en el primer nivel-parte 1.....	172

Tabla 129. Vigas soleras en el segundo nivel-parte2	173
Tabla 130. Vigas soleras en el segundo nivel-parte1	174
Tabla 131. Vigas soleras en el segundo nivel-parte2	175
Tabla 132. Vigas soleras en el tercer nivel-parte 1	176
Tabla 133. Vigas soleras en el tercer nivel-parte 2	177
Tabla 134. Albañilería confinada en el primer nivel	178
Tabla 135. Albañilería confinada en el segundo nivel	180
Tabla 136. Albañilería confinada en el tercer nivel	181
Tabla 137. Costos de materiales del diseño	183
Tabla 138. Análisis de precios unitarios del diseño CA'	184
Tabla 139. Análisis de precios unitarios del diseño DC'	185
Tabla 140. Análisis de precios unitarios del diseño CA'	187
Tabla 141. Análisis de precios unitarios del muro de ladrillo artesanal sogá	188
Tabla 142. Análisis de precios unitarios del muro de bloqueta de concreto sogá	189
Tabla 143. Análisis de precios unitarios de muro de ladrillo KK tipo V sogá	191
Tabla 144. Costos de albañilería	192

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Coordinación dimensional del ladrillo y la fábrica	12
Figura 2. Medición con el vernier	36
Figura 3. Diseño CA'	80
Figura 4. Diseño DC'	81
Figura 5. Muretes	82
Figura 6. Fabricación	83
Figura 7.Murete de diseño CA'	83
Figura 8. Codificación de elementos	87
Figura 9. Datos del concreto-parte 1	91
Figura 10. Datos del concreto-parte 2	91
Figura 11. Datos del acero-parte 1	92
Figura 12. Datos del acero-parte 2	92
Figura 13. Datos de albañilería-parte 1	93
Figura 14. Datos de albañilería-parte 2	93
Figura 15. Secciones de columnas-parte 1	94
Figura 16. Sección de columnas-parte 2	94
Figura 17. Viga Dintel 0.20x0.20m	95
Figura 18. Viga descanso escalera 0.15x0.30m	95
Figura 19. Vigas principales VP1(0.2x0.4m), VP2 (0.2x0.35m) y VP3 (0.2x0.3m)	96
Figura 20. Losa maciza	96
Figura 21. Losa de descanso de escalera espesor h=0.15m	97
Figura 22. Losa rampa de escalera espesor h=0.25m	97
Figura 23. Muro en soga	98
Figura 24. Vista en planta modelado de vivienda	99
Figura 25. Vista en 3D modelado de vivienda	100

Figura 26. Valores de carga muerta y viva.....	101
Figura 27. Patrones para la carga muerta, viva y sísmica	101
Figura 28. Excentricidad accidental	102
Figura 29. Combinación de cargas.....	102
Figura 30. Gráfica Altura x Fi de la dirección XX	112
Figura 31. Gráfica Altura x Fi de la dirección YY	113
Figura 32. Espectro en dirección XX	117
Figura 33. Espectro en dirección YY.....	117
Figura 34. Espectro T vs C.....	118
Figura 35. Adición de constante $(Z*U*S/R)*g$ al espectro T	119
Figura 36. Modo 1, con Periodo 0.135 seg. Traslación en eje X	120
Figura 37. Modo 2, con Periodo 0.087 seg. Traslación en eje Y.....	121
Figura 38. Modo 3, con Periodo 0.069 seg. Rotación en eje Z.....	122
Figura 39. Valores de combinación de carga SDXX.....	145
Figura 40. Valores de combinación de carga SDYY	145
Figura 41. Fuerzas internas en columnas de confinamiento	158



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Diagnóstico situacional

El balance existente entre la construcción civil y la protección del medio ambiente natural genera una preocupación presente en la finalidad ocupacional del profesional en ingeniería, que deriva en una serie de búsquedas de soluciones sostenibles que contemplen nuevas alternativas constructivas con la finalidad de minimizar impactos ambientales sin poner en juego propiedades mecánicas que puedan afectar estructuralmente el proyecto.

La fabricación de ladrillos de arcilla cocida ya sean de manera industrial y sobre todo la artesanal genera una gran cantidad de contaminación al medio ambiente debido al tipo de combustible que se utiliza para la cocción de estos: leña, madera, llantas entre otros, ya que al ser quemados emiten una gran cantidad de gases a la atmósfera. Es así, como se plantea el reciclaje de residuos con contenido de PET para la elaboración de ecoladrillos destinados a su uso en el ámbito de la construcción.

En países como Colombia el desarrollo de estos ladrillos de manera artesanal ha logrado fomentar la introducción de maquinaria mecánica para mejorar el acabado del ladrillo de manera mucho más automatizada y uniforme. Según el profesor Mario Alberto Luna del Risco, la iniciativa se dio gracias a los pobladores de la zona que elaboraban estos ladrillos de manera artesanal. (Echeverry, 2017)

En nuestro país se producen alrededor de 23 mil toneladas de basura al día, en su mayoría plástico que demora entre 150 y 1000 años en biodegradarse (El Financiero, 2020).

El uso de ladrillo artesanal en la ciudad de Arequipa ha aumentado en las construcciones informales debido a su bajo costo, los cuales en su mayoría no cumplen con los requisitos exigidos en la norma peruana generando un peligro en el proceso constructivo. Esto genera un gran impacto ambiental en la ciudad de Arequipa.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo sería la elaboración de un ecoladrillo a base de plástico PET reciclado para albañilería que pueda ser utilizado en la construcción de una vivienda, siendo diseñado para cumplir satisfactoriamente los requisitos exigidos en la normativa peruana y que pueda ser producido por los mismos pobladores?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué proceso se usará para la fabricación de ecoladrillos utilizando como materia prima el plástico PET, determinando la proporción óptima de este material en la mezcla?
- ¿Cómo se evaluarán las propiedades físicas y mecánicas de ecoladrillos fabricados con PET para el cumplimiento de los requisitos de la norma E.070?
- ¿Cómo se darán a conocer las características y propiedades principales del ecoladrillo de PET fabricado?
- ¿Cómo se diferencian los resultados obtenidos del ecoladrillo PET con los ladrillos existentes en el mercado arequipeño?
- ¿Cuál es el comportamiento estructural del ecoladrillo de PET en una vivienda multifamiliar?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un ecoladrillo a base de plástico PET reciclado para albañilería que pueda ser utilizado en la construcción de una vivienda, diseñado para cumplir satisfactoriamente los requisitos exigidos en la normativa peruana, y que pueda ser producido por los mismos pobladores.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer un proceso de fabricación de ecoladrillos utilizando como materia prima el plástico PET, determinando la proporción óptima de este material en la mezcla.
- Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ecoladrillos fabricados con PET y determinar si las mismas cumplen con los requisitos de la norma E. 070.
- Establecer una matriz comparativa de los resultados obtenidos del ecoladrillo PET con los ladrillos existentes en el mercado arequipeño.
- Analizar el comportamiento estructural del ecoladrillo de PET en una vivienda multifamiliar.

1.4 Hipótesis

Es probable que el uso del plástico reciclado PET para la fabricación de un ecoladrillo reciclado para albañilería pueda ser utilizado en la construcción de una vivienda, cumpliendo satisfactoriamente los requisitos estructurales exigidos en la normativa peruana, y pueda ser producida por los mismos pobladores.

1.5 Alcance

La presente investigación comprende toda la elaboración de ecoladrillos con materia prima PET útil para un diseño de mezcla reemplazando en gran cantidad al cemento para el uso de los mismos como materiales de construcción de una pequeña vivienda cumpliendo con la norma de albañilería correspondiente. Las etapas para la preparación de muestras arrojaron que para dimensiones de un ecoladrillo a base de materia prima PET de 24x14x9 cm para asemejarse a un ladrillo convencional del mercado.

En la **PRIMERA ETAPA** se tomó un total de 54 piezas con porcentajes de PET (10% - 90%) en la mezcla, siendo descartadas las muestras con 10%, 20%, 80 % y 90%, por mínimo y máximo porcentaje en material PET, por falta de resistencia óptima o el incremento del costo por el cemento excesivo respectivamente. Para la mejora de la consistencia se agregó arena gruesa en los porcentajes entre 30% - 50% de material PET para optimizar resultados. La **SEGUNDA ETAPA**, consiste en 5 muestras con una variación de 2.5% de plástico PET: 50% ,47.5% ,45%,42.5%,40 %...30% con un total de 45 muestras sometidas a los ensayos correspondientes: resistencia a la compresión, compresión axial, variación de dimensiones, alabeo, absorción, succión, densidad. En la **TERCERA ETAPA**, se realiza la corrección de las muestras, obteniendo como más óptimas la muestra: ladrillo C (45% PET), ladrillo D (42.5% PET) y el ladrillo E (40% PET). La **CUARTA ETAPA**, define los porcentajes de material PET en su última prueba de dosificación, obteniendo los ladrillos: **CA'**: Cemento (50%), PET (45%), Agregado grueso (5%) ; **DA'**: Cemento (50%), PET (42.5%), Agregado grueso (7.5%); **DB'**: Cemento (45%), PET (42.5%), Agregado grueso (12.5%); **DC'**: Cemento (40%), PET (42.5%), Agregado grueso (17.5%); **EA'**: Cemento (50%), PET (40%), Agregado grueso (10%).

Con 5 muestras se obtuvo un total de 25 especímenes para la realización de los ensayos respectivos. Se fabricaron moldes de madera con las dimensiones mencionadas haciendo uso de madera para la elaboración sustentable y ecológica. Se colocaron en el área de curado para permanecer allí por un mínimo de 28 días para alcanzar la resistencia requerida para la toma de datos respecto a sus propiedades físicas y mecánicas.

Como resultado se obtuvo gracias a la elaboración de cuadros de comparación y evidencia de los ensayos realizados las ventajas y desventajas del uso de plástico PET como materia prima en la elaboración de ecoladrillos para la construcción de viviendas adecuándose a los requerimientos establecidos por la norma aplicada en la ciudad de Arequipa.

1.6 Variable independiente y dependiente

1.6.1 Variable independiente

Plástico Polietileno- Tereftalato (PET) como materia prima

1.6.2 Variable dependiente

Elaboración de ecoladrillos para albañilería

Tabla 1. Variables

Variable	Descripción de la variable	Dimensiones	Indicadores
Independiente	Plástico polietileno-tereftalato (PET) como materia prima	PET	Proporción de polímero
		Cemento Portland IP	Proporción de cemento
Dependiente	Elaboración de ecoladrillos para albañilería	Propiedades físicas	Absorción del agua
		Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión
			Resistencia a la abrasión hídrica

Fuente: Elaboración propia

1.7 Limitantes

En el país no se ha desarrollado en los últimos años de manera satisfactoria un incremento en la capacidad recicladora de los materiales plásticos, lo que conlleva a un aumento significativo de desechos que al no pasar por un proceso de recuperación se vuelven obsoletos. El reciclaje mínimo realizado por recicladores informales del material mayormente conocido como PET no es muy significativo.

La falta de confianza por parte de la población en el uso de materiales productos del reciclaje, prefiriendo optar por los materiales convencionales.



CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Marco legal

2.1.1 Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería

Generalidades y Alcance

- *“En esta norma se definen los requisitos mínimos para el diseño, análisis, materiales, construcción y control de la calidad de las edificaciones estructuradas a base de unidades de albañilería por muros armados o confinados.”* (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006 ,p. 9)
- Los sistemas de albañilería que se encuentren fuera del alcance de la Norma deberán ser aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento por medio de una Resolución, con la respectiva evaluación de SENCICO.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Ladrillo de arcilla cocida

El ladrillo es uno de los materiales de construcción en albañilería más antiguos utilizados por el ser humano. El ladrillo rojo que se conoce en la actualidad está hecho a base de arcilla y lleva aproximadamente 5 siglos de existencia. El ladrillo tradicional no tiene un ancho mayor a 10 o 12 cm, con un peso no mayor a los 4 kilos, producidos en menor cantidad y de textura lisa. (Gallegos, 2005, p. 75-93)

Se denominan ladrillos cuando puede ser manipulado y asentado con una mano, y bloques cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos. (Norma Técnica E. 070 Albañilería)

2.2.1.1 Materia prima

El ladrillo es el componente básico para la construcción de la albañilería, se elabora de materia primas diversas: la arcilla, el concreto de cemento portland y la mezcla de sílice y cal son las principales. (Enciso, 2016)

“Las arcillas pueden ser calcáreas con un 15 % de carbonato de calcio (proporcionan un color amarillento al producto final) o no calcáreas”
(Gallegos ,2005 , p.15)

Las arcillas son producto de la degradación de rocas ígneas almacenadas en depósitos aluviales, aquellas arcillas con más del 30% de arena y limo son las mejores para la creación de unidades de albañilería al ser arcillas impuras, que durante el secado presentan menos agrietamientos y contracciones. Siendo así que la materia prima (arcilla) debe poseer plasticidad al ser mezclada con agua y poseer la adhesión suficiente para conservar a la unidad como un solo elemento en todo momento del proceso de fabricación. Las arcillas superficiales son más fáciles de emplear y contienen mayores cantidades de sales y orgánicos, pero son más susceptibles a los efectos de la fluorescencia. (Gallegos, 2005, p. 75)

En la ciudad de Arequipa el uso de materiales para la elaboración de ladrillos incluye arcilla negra, tierra de chacra, greda, petróleo, aceite quemado, carbón mineral, jebe, leña y otros. La procedencia de dichos materiales abarca todo el territorio peruano. (Programa Regional Aire Limpio, 2009)

2.2.1.2 Características físicas

A. Dimensiones

Durante el siglo XIX las dimensiones de los ladrillos podían tomar medidas como: largo (31.5 cm), ancho (24 cm) y altura (6,5 cm). Sin embargo, el desarrollo de las dimensiones optó por seguir las siguientes medidas: largo (29.6 cm), ancho (20.9 cm) y altura (3.7 cm). Por supuesto dichas dimensiones no permitían un acoplamiento entre unidades con lo que se denomina coordinación dimensional haciendo difícil el mantener la uniformidad.

Mientras que en un intento de regularizar las dimensiones en 1920 gracias a maquinas alemanas se decidieron medidas: largo, ancho altura; 25x12x5 cm., respectivamente. Sin embargo, estas medidas no satisficieron a profesionales de la época como Germán Valentín que plantearon relaciones entre las medidas de las piezas para optimizar su fabricación.

El uso de ladrillos en la construcción deriva en las diferentes dimensiones con las que estos son fabricados debido al requerimiento estructural o no estructural al que serán sometidos.

Considerando su aplicación en la albañilería es que se consignó las medidas teniendo en cuenta la dimensión modular o nominal de cada pieza incluyendo los espesores de las juntas por todas sus caras. Favoreciendo a que las dimensiones nominales siempre fuesen las mismas. En conclusión, considerando un espesor de 1cm; se obtiene las dimensiones de un ladrillo: largo x ancho x altura; 24 x 11,5 x 5,25 o 3.2 cm, respectivamente. (Arq. Rodriguez, 2007)

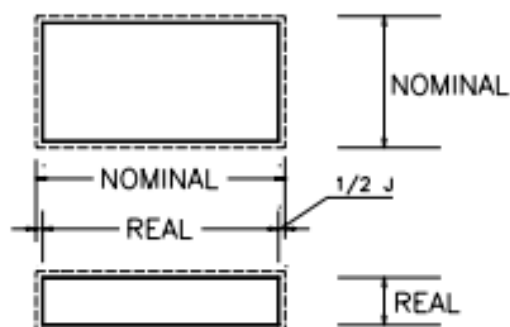


Figura 1.Coordinación dimensional del ladrillo y la fábrica

Fuente: Valentín Gamazo,1948, p. 451

Actualmente, de acuerdo a su uso las dimensiones varían según la tabla:

Tabla 2. Según las dimensiones

LADRILLO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)
KING KONG	24	13	9
PANDERETA	23	12	10
TECHO	30	30	12,15,20

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.3 Propiedades mecánicas

A. Resistencia la compresión

La resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla f'_{cu} es usada para definir y controlar la calidad de su proceso de elaboración: dosificación, temperatura y tiempo de horneado; con el fin de hallar la resistencia a la compresión de la mampostería f'_m . (Afanador & Guerrero&Monroy &Richard, 2012)

En la actualidad, el área bruta de la unidad ayuda al cálculo de la resistencia, para su posterior clasificación en rangos, tomando en cuenta que las unidades huecas de albañilería poseen menos resistencia que las macizas.

La principal propiedad de la unidad de albañilería es la resistencia a compresión, que relaciona la carga aplicada directamente en un área de sección. Mientras que una relación alta demuestra una buena resistencia para fines estructurales, una relación baja demuestra poca durabilidad y resistencia.

Sin embargo, su medición es bastante complicada por el hecho de la variedad en las dimensiones y formas de los ladrillos, impidiendo relacionar directamente los resultados de cada ensayo con la resistencia real de las unidades; debido a la modificación en los esfuerzos provocados por la máquina de compresión. (Gallegos, 2005, p. 75)

B. Absorción

Presenta variaciones de entre un 20 % hasta un mínimo de 10-15 % a las 24 horas de inmersión en el agua.

“Medida de permeabilidad de una unidad de albañilería” (Gallegos, 2005, p. 4)

2.2.2 Impacto ambiental de la fabricación de ladrillos de arcilla cocida

2.2.2.1 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación en la ciudad de Arequipa de manera desordenada por la presencia de informalidades, sin conocimiento de la composición química que implican los procesos como la cocción, traen como consecuencia la falta de homogeneidad de la pieza, así como la insuficiencia en la resistencia requerida además de una densidad o peso adecuados según normativa. Por consiguiente, la quema de materiales es mayor y la calidad se reduce haciéndolo más barata cuestión de costes.

Los materiales más usados en la ciudad para la fabricación de ladrillos son la arcilla, provenientes de canteras y el uso de tierra de chacra adicionando agua suministrada por cisternas.

Los hornos son utilizados durante casi todo el año, de manera discontinua.

Al tener paredes delgadas y mal aislamiento, se produce deficiencias en el proceso de cocción y por ende en la calidad final del producto; es por ello que se usan combustibles potentes, pero también contaminantes. La producción llega a los 30 millares por proceso de quema. (Programa Regional Aire Limpio, 2009)

2.2.2.2 Consecuencias ambientales

Al examinar el consumo producido al construir una vivienda, normalmente se obvian los consumos de energía producidos por los materiales en sí. En la tarea analizar el consumo generado al fabricar todo lo necesario para una correcta construcción; se obtiene como fundamental actor al ladrillo, pieza de albañilería que cumple con un proceso de fabricación que provoca muchos impactos desfavorables en el medio ambiente. (Alvarez, 2010)

Cuando se habla de la informalidad, los procedimientos de fabricación desencadenan aún más consecuencias medio ambientales puesto que los usos de hornos artesanales producen impacto directo en el aire; añadiéndole el uso de leñas, llantas, plásticos y otros residuos, así como combustibles generan emisiones contaminantes que se dirigen directamente a la atmosfera provocando su deterioro reduciendo la calidad del aire.

Las ladrilleras artesanales son instaladas en las afueras de la ciudad para aprovechar el uso de las materias primas y su accesibilidad, cuentan con terreno para producir unidades que serán lanzadas al mercado. Entre el mayor porcentaje de ladrilleras en Arequipa se encuentra el distrito de Mollebaya, concentrando el 71% de productores de ladrillos artesanales. El uso del combustible en la ciudad para la etapa de cocción de los ladrillos es principalmente: llantas, aceite, plástico, residuos orgánicos, entre otros. Siendo el de mayor incidencia el petróleo con un 65% de participación en el proceso.

Los impactos más notables producto de la fabricación de ladrillos son: la alteración en la calidad del aire por la combustión de los materiales, el incremento del efecto invernadero por la emisión de gases, la remoción y

alteración del medio ambiente para la obtención de los materiales arcillosos.

(Programa Regional Aire Limpio, 2009, p. 9)

Tabla 3. Consecuencias ambientales

ETAPAS	ACTIVIDADES QUE GENERAN CONTAMINANTES	TIPO DE CONTAMINANTES
Extracción de Arcilla y tierras	Extracción con herramientas manuales	Partículas en suspensión Morfología alterada
	Extracción con maquinaria pesada	Partículas en suspensión Morfología alterada
Mezclado	Tamizado y selección	Partículas en suspensión
	Mezcla de arcillas con agua y arena	
Moldeado	No hay contaminantes	-
Secado	Vapor de agua del secado de moldes	-
Carga del horno	Acomodo de ladrillos	Partículas en suspensión
Cocción	Uso de materiales combustibles: leña, jebe, aceites, etc.	Partículas en suspensión
		Dióxido de azufre y nitrógeno.
		Monóxido de carbón
Clasificación	Descarte de unidades con fallas	Compuestos orgánicos volátiles.
Despacho	Descarte de unidades rotas	Residuos sólidos inertes
		Residuos sólidos inertes

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 El plástico

El término “plástico” tiene un origen etimológico proveniente de la antigua

Grecia “plastikos” que hace referencia a un material que se puede moldear, de

fácil maleabilidad durante el proceso de fabricación, permitiendo obtener diversas formas como laminas, botellas, cajas, etc.

El plástico se entiende como aquel material de propiedades sólida y fuertes que poseen un origen sintético o semi –sintético creado por el hombre, fabricado a base de polímeros orgánicos, que por medio de procesos químicos da como resultado el producto plástico deseado. Los plásticos son materiales orgánicos. (Plastics Europe, 2020)

2.2.3.1 Materia prima

Para la producción del plástico es necesario la intervención de las materias primas: celulosa, carbón, gas natural, sal y el petróleo. Se trata de sustancias de polímero constituido por monómeros a lo largo de una macromolécula lineal o tridimensional. (Plastics Europe, 2020).

Las materias primas del petróleo son más accesibles en costo por lo que son más abundantes en la industria. Sin embargo, el recurso es limitado dando a entender que en futuras generaciones el uso del petróleo para la fabricación de este tipo de plásticos no será oportuno, abriendo un mundo a nuevas materias que pudiesen brindar las mismas características a los plásticos. (QuimiNet , 2006)

2.2.3.2 Características

Entre las principales características de los plásticos destacan:

- Conformados de cadenas de carbono (polímeros)
- Baja densidad, aportando a que sea un producto ligero.
- Sirven como aislante térmico por su baja conductividad.
- Fáciles de moldear

- Gran resistencia ante la degradación y corrosión.
- Bajo coste de producción (Jumarsol, 2016)

2.2.4 Reciclaje y desarrollo sustentable

2.2.4.1 Reciclaje

Infiere a la conversión de materiales de desecho en materia prima u otros, con el fin de extender su periodo de vida útil evitando la acumulación masiva de desechos en el planeta.

El reciclaje es una cadena productiva de materiales descartados por diferentes actividades desde las producidas por consumo cotidiano hasta industriales, permitiendo así ser reutilizadas disminuyendo la necesidad de fabricación de nuevo material contaminante; requiere de mucho trabajo la separación de materiales biodegradables de la basura reciclable. Por supuesto, no todos los materiales son reciclables pero el mayor porcentaje de desechos puede lograr cumplir un proceso de reutilización. La importancia del reciclaje recae en la disminución de la contaminación de los suelos, mares y el medio ambiente. (Raffino, 2020)

Entre los beneficios del reciclaje tenemos:

- Beneficios ambientales: Menor consumo en comparación con la elaboración de un producto nuevo, conservación de recursos, reducción de residuos en vertederos.
- Beneficios económicos: Ahorro de costos de producción de nuevos productos.
- Beneficios sociales: Conciencia ecológica para el desarrollo sostenible, creación de empleo.(Recytrans, 2013)

A. Tipos de reciclaje

Dependiendo del residuo se tiene el reciclaje de los elementos:

- Papel: Remojo para la fabricación de pulpa y posterior producción de papel.
- Metales: materiales que pueden fundir se vuelven a ser materia prima en uso.
- Envases plásticos: Pueden volver a ser usados los tetra –bricks y otros tipos de envases, haciendo correctamente el proceso de higienizado.
- Aceites: Mediante filtrado y purificación se puede volver a emplear, como lubricante de maquinaria.
- Composting: Desechos orgánicos como la comida puede convertirse en abono o biocombustibles.(Raffino, 2020)

El reciclaje del material Tereftalato de polietileno (PET) es uno de los más sencillos de aplicar debido a que es un material de fácil trabajabilidad y puede ser reutilizado en caso de que se desee. (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2020)

2.2.4.2 Desarrollo sustentable

El Desarrollo Sustentable obedece a la idea básica de satisfacer las necesidades de la sociedad actual sin comprometer la estabilidad del futuro, es decir, mantener un equilibrio “Sustentable” entre las personas a fin de desarrollar estrategias en pro del bienestar del mundo. (Pérez, 2021)

El Desarrollo Sustentable Ambiental busca la coexistencia entre el desarrollo y evolución de las actividades humanas y la conservación del medioambiente y de su biodiversidad. Tiene en cuenta que los recursos sean

renovables y que su impacto no supere la capacidad de generarlos de nuevo de la Tierra. También tiene en cuenta que ningún agente contaminante sea producido a mayor velocidad que su ritmo de reciclado. (Vinicio, 2019)

2.2.5 Ecoladrillos de PET

- El ecoladrillo es cualquier dispositivo “ecológicamente amigable” que permita realizar algún tipo de construcción con él. (Serpell, 2019)
- El PET es un material procedente de envases de bebidas descartables, residuo pos consumo.

De estos dos conceptos mencionados podemos decir que el ecoladrillo PET es una unidad de albañilería elaborado con residuos plásticos seleccionados, triturados con un molino especial, y así incorporados a mezclas cementicias, sin necesidad de un lavado previo (salvo en el caso que se utilicen residuos muy contaminados tomados de la basura, sin un acopio separado). (Gaggino & Kreiker, 2015)

La superficie de los cerramientos ejecutados con estos elementos constructivos debe ser revocadas con un mortero común de albañilería, elaborado con materiales indicados según la norma E 070. Por eso el aspecto de una vivienda construida con estos componentes no difiere en absoluto con otras tradicionales. En el caso de los envases de PET, es necesario sacarle etiquetas y tapas previo al proceso de triturado. No se pueden utilizar envases procedentes de la industria agroquímica y en general, aquellos que puedan haber estado en contacto con sustancias tóxicas. (Gaggino, 2008)

2.2.5.1 Componentes

A. Polietilen-Tereftalato (PET)

El tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilentereftalato o polietileno tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET, polyethylene terephthalate) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. El Polietileno tereftalato (PET) es un polímero de larga cadena molecular (hidrógeno, oxígeno e hidrógeno), la estructura molecular del PET lo hace un material fuerte y ligero sin dejar de ser conveniente por su transportabilidad y su variable cantidad de diseños. (Plastics Europe, 2020)

B. Cemento Puzolánico Portland Tipo IP

El cemento portland puzolánico IP, es un producto elaborado a base de clinker, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida obteniendo un alto grado de finura. Posee resistencia al ataque de sulfatos, durabilidad; permitiendo la mejora de su impermeabilidad, el intemperismo, ataque químico, abrasión y otros tipos de deterioro. Mezcla molida de origen volcánico altamente reactivo, con un proceso de fabricación certificada con calidad ISO 9001 y gestión ambiental ISO 14001, para el alcance de estándares de calidad requeridos. (Cementos YURA , 2019)

2.2.5.2 Antecedentes PET en la construcción

En la búsqueda de nuevos materiales con características sostenibles, el uso del PET se hizo atractivo para el área de la construcción debido a su costo reducido acompañado de su facilidad de uso. En los últimos años se han

realizado campañas con el fin de investigar más a fondo el beneficio del uso de PET como material de construcción, es así que el Argentina el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONITEC) ha logrado grandes resultados gracias a la Arq. Rosana Gaggino, quien diseñó junto a su equipo el proceso que se encarga de reutilizar los envases plásticos de bebidas para la elaboración de elementos aceptables para la construcción.

Y aunque no aportan estructuralmente, estos ladrillos elaborados a base de PET poseen muchas ventajas, son ligeros, resistentes al fuego y mucho mejor aislantes que los ladrillos convencionales. En su proceso de elaboración no se requiere de ningún tipo de cocción ni cemento ni arena; reemplazando este último material con PET en la elaboración del ladrillo, reduciendo notablemente el consumo de recursos naturales.(Sanz, 2016)

El uso de PET en las mezclas de mortero, ofrece entre sus principales beneficios la reducción de costos en comparación con morteros convencionales, por la sustitución de la arena en su elaboración. La resistencia a la flexión se vio incrementada hasta un máximo de 30 % en comparación con las resistencias alcanzadas por morteros convencionales que no superan el 15 %; debido a este incremento es aceptable el uso de menores cantidades de acero e inclusive llegar a sustituir una porción de cemento, siempre y cuando la resistencia no se vea afectada por la disminución del cemento. El proceso de corte del material PET se encuentra como patente en proceso, afirmando que el corte mecánico es simple de realizar, y el plástico es fácil de transportar a obra lo que demanda una reducción de costes de transporte. (Residuos profesional, 2017)

2.2.6 Mortero para la albañilería

Son mezclas con uno o más aglomerantes inorgánicos, agua o aditivos que deben ser mezcladas de forma homogénea, haciendo uso de las proporciones adecuadas para los requerimientos deseados. Existen los morteros de:

- Uso corriente: Utilizados en construcción de obras comunes o estructurales, cuyo espesor de juntas no supera los 3 mm y en el que se emplean áridos normales
- Los morteros ligeros: Utilizan áridos ligeros
- Los morteros para las juntas finas: Espesor de junta entre 1mm y 3mm.
(Concretonline, 2018)

2.2.6.1 Características

- Uso corriente: No posee características especiales
- Los morteros ligeros: Morteros con densidad 1.300 kg/cm³ en estado seco.
- Los morteros para las juntas: Diseñados para las juntas y capas finas, cuyo tamaño no sobrepase los 2 mm.

En estado fresco según sus propiedades, se evidencian las siguientes características:

- Tiempo de utilización: Trabajabilidad eficiente sin necesidad de adición de agua.
- Contenido de iones de cloruro: Para morteros armados influye en la corrosión.
- Contenido de aire: Resistencia, trabajabilidad y durabilidad.

- Consistencia: Trabajabilidad (seca, plástica, fluida)

En estado endurecido según sus propiedades, se evidencian las siguientes características:

- Resistencia a compresión
- Adhesión
- Densidad: Densidad de morteros ligeros no menos a 1.3 kg /cm³

Se evidencian, características adicionales:

- Absorción del agua
- Permeabilidad al vapor de agua

(AFAM, 2019)

2.2.6.2 Dosificación

De acuerdo a:

- Peso de 1500 kg/m³
- Fábrica de ladrillos y exteriores
- Agregarse 31 kg/m³ de líquido impermeabilizante
- 2 partes de cemento y 3 de arena

Tabla 4. Aplicación

APLICACION	DOSIFICACION CEMENTO/ARENA	CEMENTO kg/m ³	Arena Volumen/m ³	Agua l/m ³
Muros de poca carga	1:4	380	1.100	240
Muros cargados	1:3	460	0.980	260
Revoques impermeables	1:1.5	740	0.812	300
Tarrajeos de fachada	2:3			

Fuente: Universidad de Castilla

2.3 Antecedentes y Estado del arte

2.3.1 Antecedentes

2.3.1.1 Internacionales

PIÑEROS & HERRERA (2018), en su tesis titulada: “Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda”, concluye: Que, la elaboración de la investigación brindo tecnológicamente una alternativa innovadora para hacer provecho del desecho como elemento de construcción.

Las características de los ladrillos resultantes de la investigación obtuvieron condiciones favorables en el aspecto y forma de los bloques. Gracias al proceso correcto de fundido del plástico y el curado en óptimas condiciones se obtuvo un producto liso que aporta valor, reduciendo el coste de los tarrajeos, debido a lo liso de su acabado final. Cuenta con un peso reducido por el aumento de material plástico en su composición llegando a pesar 0.784 gr en comparación con los 1.075 gr de un ladrillo convencional.

Al comparar los resultados con las normas, se concluye que las muestras con más del 30% de material plástico (PET) no cumplen con los requerimientos mínimos. La muestra obtenida que contiene un 25 % de PET alcanzo la resistencia específica a los 7 y 14 días. En cuanto al costo de este proyecto se obtuvo que el VPN es positivo, con sin financiamiento externo, siendo viable su ejecución.

Tolozano (2016), en su tesis titulada: “Uso de bloques de plástico reciclado para vivienda de interés social para mejoramiento de su micro-clima, plan “socio vivienda”, del cantón Guayaquil, provincia del Guayas, zona 8”, concluye: Que, en

países latinoamericanos como Perú y Ecuador la aceptación de este nuevo material de construcción ha tenido gran acogida por ser óptimo para ser aplicado en la construcción.

El BPR es un material de bajo costo principalmente debido a su costo comparado con bloques tradicionales y sus ventajas al no requerir mano de obra calificada para su uso.

Además del hecho de que su efecto térmico de aislante brinda al residente confort no solo por el clima sino por la ausencia de ruidos exteriores.

Se trata de un material novedoso, fácil de fabricar de bajo costo, que cumple con todos los requerimientos al igual que un bloque tradicional, superando inclusive en ventajas a los demás materiales usados en construcción. Finalmente, por todos sus beneficios estudiados los Bloques con Plástico Reciclado (BRP) resultan ser un material constructivo idóneo para ser usado en el país.

2.3.1.2 Nacionales

Valdivia (2019), en su tesis titulada: “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”, concluye:

Las muestras con porcentajes de PET (100%, 80% y 67%) y Arena gruesa (0; 0,25 y 0,5) respectivamente, logran cumplir con los requerimientos de la norma NTP E 0.70.

Las muestras con porcentajes de PET (100%) y Arena gruesa (0%), se clasifico como ladrillo III, mientras que las muestras con porcentajes de PET (80%, 67%) y Arena gruesa (20%, 33%) respectivamente se clasificaron como ladrillo IV. Todas las muestras tuvieron un alabeo admisible según la norma.

Los ladrillos producto resultaron de menor densidad que un ladrillo comercial

El ladrillo con mayor porcentaje de absorción fue elaborado en base a PET (100%) y Arena gruesa (20%). La mayor resistencia a la compresión se obtuvo de la muestra ladrillo III con PET (80%) y Arena gruesa (20%), mientras que la menor resistencia fue la de ladrillo I con proporción PET (100%) y Arena gruesa (0%). El ladrillo que destacó en características fue de proporción PET (80%) y Arena gruesa (20%), clasificado como ladrillo III.

2.3.1.3 Locales

Paz (2014), en su tesis titulada: “Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado.”, concluye: Que, debido a la gran cantidad de plástico que se produce en el país, se debe aprovechar esta materia para el desarrollo de nuevas tecnologías ecológicas y económicas.

El ladrillo reciclado de proporciones: PET (70%) y PEAD (30%), posee un peso ligero y funciona eficientemente como aislante además de poseer baja incidencia de propagar llamas. Se trata de un ladrillo liso que es visualmente atractivo y uniforme, con una desviación de 0.8mm. Duradero y de aparente resistencia a la intemperie y a los rayos UV, que tiene un tiempo de vida amplio por el hecho de que el plástico tarda en degradarse.

Presenta un 29% de absorción, que al ser sometido a fuerzas de flexión resiste en promedio 831312.88 Pa. a un ángulo de 45 °. Clasificándose como un material frágil según el análisis esfuerzo –deformación con una compresión horizontal de 212.6 kg/cm² y una compresión vertical de 239 kg/cm². En efecto, la resistencia a la compresión no se cumple, así como el de la absorción. En costes, se detalla como una materia prima económica y un reducido costo en mano de obra, procesos, ensamblaje y fabricación.

2.3.2 Estado del arte

Tabla 5. Estado del arte

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	METODOLOGIA	RESULTADOS
(Botero, Muñoz, Ossa, & Romo, 2014)	Reutilizar los envases elaborados de PET para la sustitución de materiales ligeros convencionales para la nivelación o reemplazo del suelo.	Polietileno Tereftalato (PET) Obras geotécnicas	Proyecto factible. Investigación de campo de tipo descriptivo.	PET como potencial alternativo de material de reemplazo para la nivelación de áreas, debido a su durabilidad, gracias a su resistencia química frente a agentes externos.
(Gaggino, 2008)	Desarrollar componentes de construcción livianos, con aislación térmica y resistencia a compresión suficiente para limitar las viviendas en todo su perímetro.	Ladrillos y placas a base de plásticos Autoconstrucción	Proyecto factible. Investigación de campo de tipo descriptivo.	Es sustentable desde los puntos de vista ecológico, económico y social. La calidad técnica de los productos hace posible su uso en cerramiento exterior e interior no estructural de viviendas.
(Luis, Rendón, & Korody, 2008)	Determinar si es posible utilizar el PET como agregado en una mezcla.	Tereftalato de Polietileno (PET) Cemento	Proyecto factible. Investigación de campo de tipo descriptivo.	Al agregar PET a una mezcla de concreto se pierde resistencia, solo puede ser útil para bloques o elementos que no soporten importantes cargas.

(Infante & Valderrama, 2019)

Analizar los bloques de hormigón con PET en cuanto a comportamiento técnico, económico y medioambiental a través de ensayos mecánicos, comparándolos con los costos del mercado y calcular la huella carbón producida.

Tereftalato de Polietileno (PET)

Proyecto factible.

Investigación de campo de tipo descriptivo.

Se demostró que este nuevo material es competitivo económica y medioambientalmente. La utilización de bloques con agregado PET resulta menos costoso. Resistencia alcanzada mayor a 20 MPa. Bloque liviano y competente en absorción.

(Maure, Candanedo, Madrid, Bolobosky, & Marín, 2018)

comprobar y obtener una buena resistencia mecánica a la compresión, en comparación con ladrillos convencionales

Hormigón

Tereftalato de Polietileno (PET)

Proyecto factible.

Investigación de laboratorio de tipo descriptivo.

En pruebas de compresión del ladrillo #2 se alcanzó 40.4KN, aplicada al material de forma axial en toda la superficie.

Este mismo ensayo fue aplicado para el ladrillo #1 con un resultado de 36.6 KN.

La diferencia se debe a la composición del ladrillo #1.

El PET con virutas metálicas en su totalidad presenta características constructivas: propiedades mecánicas a compresión del mismo.

Se debe realizar más ensayos para validar los resultados preliminares, parte de este estudio.

Reducir la contaminación ambiental.

Virutas metálicas

Fuente: Elaboración propia



CAPITULO III

METODOLOGÍA

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

En la primera parte de este capítulo se describen el tipo de metodologías aplicadas en la investigación para su correcto desarrollo.

En la segunda parte del capítulo se explican los métodos que se llevaron a cabo en los procedimientos y ensayos realizados en la investigación. El apartado “Fabricación de los ecoladrillos de PET” refiere la importancia al momento de desarrollar el proyecto en una zona geográfica distinta a la propuesta, siguiendo secuencialmente los pasos para la elaboración de ecoladrillos con contenido de PET.

3.1 Primera Etapa - Tipo de investigación

3.1.1 Descriptiva

Descripción del fenómeno en estudio, tratando de obtener una idea de la situación sin ahondar en el porqué de los resultados; enfocándose en una descripción completa, haciendo uso de la medición de características teniendo en cuenta los procesos involucrados, con el fin de obtener una idea clara de la situación.

3.1.2 Cuantitativa

Basada en el estudio y análisis mediante procedimientos que utilizan la medición, obteniendo un mayor control de la deducción, pudiendo realizarse contraste de hipótesis y realización de experimentos para ello. Resultados basados en la estadística

3.1.3 Experimental

Manipulación de variables en entornos controlados, observando el efecto en las variables que se produce de dicha manipulación. Este tipo de investigación permite la aclaración de hipótesis y su contraste por medio de métodos científicos.

3.1.4 Inductiva-Analítica

Obtención de conclusiones por medio de la observación que junto a un análisis permiten realizar conclusiones aproximadas a la verdad sin generalizar o predecir hechos.

3.2 Campo de verificación

3.2.1 Ubicación y características

- Departamento: Arequipa
- Ciudad: Arequipa
- Sismicidad: Zona 3 (alta)
- Altitud promedio: 2300 m.s.n.m.
- Temperatura promedio: 20°C
- Humedad relativa promedio: 46%

3.2.2 Unidad de estudio

Ladrillos con añadidos de tereftalato de Polietileno (PET).

3.3 Determinación de la población

3.3.1 Población

Ladrillos con añadidos de plásticos de origen sintético.

3.3.2 Muestra

Ladrillos con añadidos de tereftalato de Polietileno (PET).

3.3.3 Tamaño del muestreo

5 ladrillos por diseño, con porcentajes distintos de añadidos de tereftalato de Polietileno (PET).

3.4 Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos

3.4.1 Cuantitativa

En busca de la recolección de datos exactos, con estándares y sistemas que arrojen datos numéricos precisos, se opta por el uso de la técnica cuantitativa que aplica estadística y una mayor confiabilidad.

3.4.2 Observación

Sirve para analizar el desarrollo del fenómeno en un tiempo determinado, permitiendo la observación de las relaciones entre las variables.

3.5 Materiales y equipos

3.5.1 Materiales

- Tereftalato de Polietileno (PET).
- Cemento Portland Tipo IP.
- Agregado grueso.
- Agua.
- Moldes de madera con las medidas para ladrillos.
- Vernier.
- Regla y cuña para alabeo.

- Yeso.

3.5.2 Equipos

- Trompo para la mezcla.
- Máquina de compresión.
- Horno.
- Balanza.

3.6 Segunda Etapa - Métodos de ensayos para fabricación de los ecoladrillos

3.6.1 Preparación de muestras

Las dimensiones adoptadas al diseño de las muestras son: 24x14x9 cm, por su similitud dimensional con los ladrillos en el mercado.

En la primera etapa, se decidió el uso en porcentajes de PET (10%-90%) en la mezcla, por cada diseño se fabricaron 6 muestras, haciendo un total de 54 piezas, siendo descartadas las muestras con 10%, 20%, 80 % y 90%, debido a su porcentaje alto en material PET que no proyecta una resistencia optima y el bajo porcentaje de PET que implicaría un incremento del costo respectivamente.

En vía de mejorar la consistencia de la mezcla se agregó arena gruesa a la siguiente tanda de muestras y se escogió los porcentajes entre 30% - 50% de material PET para optimizar resultados.

La segunda etapa, consiste en 5 muestras de cada combinación haciendo entre ellas una variación de 2.5 % de PET. Definiendo así los porcentajes: 50% ,47.5% ,45%,42.5%,40 %...30%. Permitiendo un total de 45 muestras por analizar, que serían sometidas a los ensayos correspondientes: resistencia a la

compresión, compresión axial, variación de dimensiones, alabeo, absorción, succión, densidad.

En la tercera etapa, realiza la corrección de las muestras, siendo las más optimas: ladrillo C (45% PET), ladrillo D (42.5% PET) y el ladrillo E (40% PET)

La cuarta etapa, define los porcentajes de material PET en su última prueba de dosificación, obteniendo los ladrillos:

- CA': Cemento (50%), PET (45%), Agregado grueso (5%)
- DA': Cemento (50%), PET (42.5%), Agregado grueso (7.5%)
- DB': Cemento (45%), PET (42.5%), Agregado grueso (12.5%)
- DC': Cemento (40%), PET (42.5%), Agregado grueso (17.5%)
- EA': Cemento (50%), PET (40%), Agregado grueso (10%)

Realizando así un total de 5 muestras por las cinco combinaciones, obteniendo un total de 25 especímenes para la realización de los ensayos respectivos.

3.6.2 Variación de dimensiones y alabeo

3.6.2.1 Procedimiento de medición

Este ensayo consiste en la medición milimétrica en los puntos medios en las caras del ladrillo, la medición final será el promedio de las 4 medidas. Cada unidad fue medida, en la parte media del ladrillo en cada una de sus caras, largo, ancho y altura, obteniendo así la medida promedio o dimensión promedio Dp.

Haciendo uso de la fórmula:

$$V(\%) = \frac{(D_e - D_p)}{D_e} \times 100$$

Ecuación 1. Variación dimensional en porcentaje

Donde:

V: Variación dimensional (%)

D_e : Dimensión prevista de elaboración (mm)

D_p : Dimensión promedio (mm)



Figura 2. Medición con el vernier

Fuente: Propia

El alabeo es medido al situar cada ladrillo en una superficie plana y colocando una regla en la cara de asiento de la unidad, haciendo que se conecten los extremos en diagonal opuestos para determinar si es cóncavo o convexo, introduciendo una cuña graduada al milímetro en la zona que presenta más alabeo. Promediando las medidas se obtiene el alabeo en milímetros.

3.6.3 Ensayo de absorción

Las unidades seleccionadas se sacaron del horno 110°C por 24 horas con el objetivo de obtener un peso constante; posteriormente fueron introducidas en agua por 24 horas, para retirarlas y registrar su peso saturado.

La absorción se rige por la fórmula:

$$A(\%) = \frac{(P_{\text{sat.}} - P_{\text{seco}})}{P_{\text{seco}}} \times 100$$

Ecuación 2. Absorción en porcentaje

Donde:

A : Absorción(%)

P_{sat.}: Peso saturado (g)

P_{seco}: Peso seco (g)

3.6.4 Ensayo de succión

Las muestras secas procedentes del horno son colocadas en una bandeja con 3 mm de agua para que después de 1 minuto se registre el nuevo peso que adquiere el ladrillo.

La succión depende de la fórmula:

$$\text{Succión} = \frac{200 \times (P_{\text{inm}} - P_{\text{seco}})}{A}$$

Ecuación 3. Succión de la unidad de muestra

Donde:

S: Succión (gr/cm²-min)

P_{inm}: Peso de la muestra luego de inmersión de 3mm (g)

P_{seco}: Peso seco (g)

A: Área de contacto de la muestra con el agua (cm²)

3.6.5 Densidad

El ensayo de densidad para unidades de albañilería consiste en hervir las muestras durante 3 horas en agua destilada para tomar tres pesos de cada una, los cuales serían: Peso seco, peso con balanza de peso sumergido en ebullición y peso de la muestra saturada. Con estos datos, y el volumen de la unidad, se procede a calcular la densidad haciendo uso de las siguientes fórmulas:

$$D = \frac{P_{\text{seco}}}{V}$$

Ecuación 4. Densidad de la muestra

$$V = P_1 - P_2$$

Donde:

P₁ = Peso saturado en gramos (3 horas de ebullición)

P₂ = Peso saturado sumergido en gramos

P seco = Peso seco en gramos.

V = Volumen en cm³

3.6.6 Ensayo de resistencia a compresión simple

Se utilizaron muestras con yeso para la uniformidad del área de compresión y una mejora en el contacto de los cabezales de la máquina de compresión.

El ensayo tiene como objetivo establecer las propiedades mecánicas de las piezas según su dosificación. Para la realización del ensayo se hizo uso de la máquina de compresión del laboratorio.

Realizando el ensayo a cada una de las muestras con el resultado final como promedio de las 5 unidades a ensayar. Como parte de la seguridad se realizó el ensayo con los técnicos especialistas en el manejo de la máquina.

La desviación estándar se corrige mediante la fórmula:

$$f'b = f_b - \sigma$$

$$f_b = \frac{R}{A}$$

Ecuación 5. Formulas para la resistencia a compresión unitaria y característica.

Donde:

$f'b$: Resistencia a compresión característica (kg/cm²)

f_b : Resistencia unitaria a compresión (kg/cm²)

σ : Desviación estándar (kg/cm²)

R: Carga de rotura (kg)

A: Área de contacto (cm²)

3.6.7 Ensayo de compresión axial y tracción diagonal

Se sigue el siguiente proceso de Fabricación

3.6.7.1 Composición de Mezcla

El desarrollo sustentable de esta investigación se rige en el uso del mayor porcentaje de tereftalato de Polietileno (PET) en la mezcla propuesta. La mezcla se realizó en una mezcladora tipo trompo, considerando la cantidad necesaria de agua para obtener una mezcla homogénea y con suficiente trabajabilidad.

- Se realizó el cálculo de los pesos de los materiales.
- Se pesó las dosificaciones de cemento, agregado, PET y un volumen de agua que ayudara a la trabajabilidad de la mezcla.
- Se colocaron los materiales en el trompo y se procedió a la mezcla.
- Se colocó la mezcla en los moldes de madera previamente preparados dejándolos secar por 24 horas antes de ser desmoldados.

- Se desmoldó cada ladrillo cuidando que no se deformara, y se dejó en la zona de curado durante 28 días.

3.6.7.2 Dosificación

Para la prueba de las dosificaciones, se inició con la mezcla de PET, cemento y agua. Empezando con las proporciones de 10%-90% de PET en relación al volumen de un ecoladrillo, teniendo como producto una pieza de medidas 24 x 14 x 9 cm.

Se divide en etapas, donde se van descartando las muestras que no cumplían las especificaciones esperadas.

En la primera etapa, se decidió el uso en porcentajes de PET (10%-90%) en la mezcla, por cada combinación, con un total de 54 piezas, siendo descartadas las muestras con 10% ,20% ,80 % y 90%, por su baja resistencia y alto costo respectivamente.

La mejora de consistencia consistió en agregar arena gruesa a las siguientes muestras y se escogió los porcentajes entre 30% - 50% de material PET.

La segunda etapa, consiste en una variación de 2.5 % de PET. Definiendo así los porcentajes: 50% ,47.5% ,45%,42.5%,40 %...30%. Permitiendo un total de 45 muestras en total.

En la tercera etapa, se dan las dosificaciones más óptimas: ladrillo C (45% PET), ladrillo D (42.5% PET) y el ladrillo E (40% PET).

La cuarta etapa, se define los porcentajes de material PET en su última prueba de dosificación, obteniendo las dosificaciones finales en los ladrillos:

- CA': Cemento (50%), PET (45%), Agregado grueso (5%)
- DA': Cemento (50%), PET (42.5%), Agregado grueso (7.5%)
- DB': Cemento (45%), PET (42.5%), Agregado grueso (12.5%)
- DC': Cemento (40%), PET (42.5%), Agregado grueso (17.5%)
- EA': Cemento (50%), PET (40%), Agregado grueso (10%)

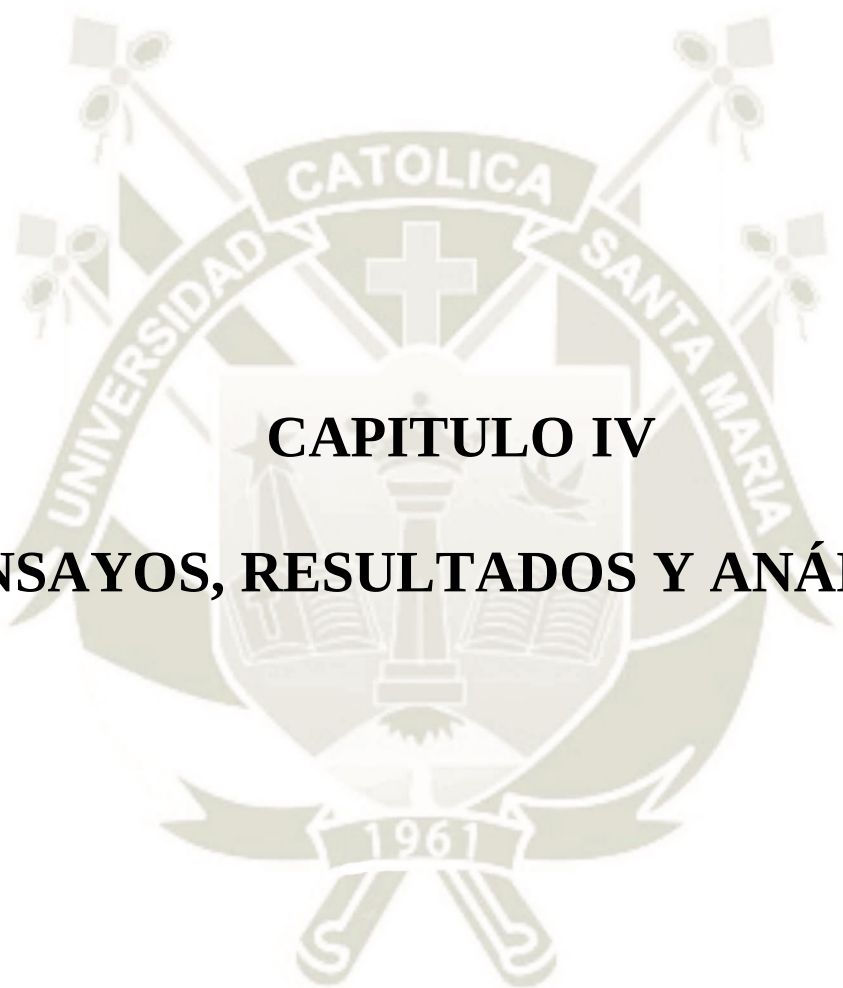
Obteniendo un total de 25 especímenes.

3.6.7.3 Elaboración de moldes

Se fabricaron moldes de madera con las dimensiones mencionadas. Las medidas consideradas fueron de 24 x 14 x 9 cm (interiormente). El uso de madera es importante para la elaboración de estos moldes debido a la finalidad de la investigación al ser de carácter sustentable y ecológico.

3.6.7.4 Proceso de curado

- Transcurridas las 24 horas de elaborar los especímenes, habiendo nombrado a cada una con la nomenclatura correspondiente para así evitar confusiones y fallos en los resultados.
- Se colocaron en el área de curado para permanecer allí por un mínimo de 28 días para alcanzar la resistencia requerida. Con la finalidad de tomar los datos de sus propiedades físicas y mecánicas.
- Al terminar el proceso de curado, se acopiaron uno alado de otro sin apilarse una encima de otro.



CAPITULO IV

ENSAYOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS

CAPÍTULO IV

4. ENSAYOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Etapa I

4.1.1.1 Dosificaciones de muestras

Tabla 6. Primeras dosificaciones en porcentaje

DISEÑO	DOSIFICACIONES		CANT. DE MUESTRAS
	CEMENTO	PET	
D1	10%	90%	6
D2	20%	80%	6
D3	30%	70%	6
D4	40%	60%	6
D5	50%	50%	6
D6	60%	40%	6
D7	70%	30%	6
D8	80%	20%	6
D9	90%	10%	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Volumen del ecoladrillo

ECOLADRILLO	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m3)
	0.240	0.140	0.090	0.003024

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 . Volúmenes de Cemento y PET de acuerdo a su porcentaje de dosificación

DISEÑO	DOSIFICACIONES	
	CEMENTO (m3)	PET (m3)
D1	0.00030	0.00272
D2	0.00061	0.00242
D3	0.00091	0.00212
D4	0.00121	0.00181
D5	0.00151	0.00151
D6	0.00181	0.00121
D7	0.00212	0.00090
D8	0.00242	0.00061
D9	0.00272	0.00030

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Densidades de los materiales, calculados inicialmente

MATERIALES	DENSIDAD (kg/m³)
CEMENTO	918.77
PET	294.01
AGUA	1,000.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 . Pesos de los materiales por ladrillo, de acuerdo a su volumen en dosificación y su densidad

DISEÑO	DOSIFICACIONES	
	CEMENTO (kg)	PET (kg)
D1	0.278	0.800
D2	0.556	0.711
D3	0.834	0.622
D4	1.111	0.533
D5	1.389	0.444
D6	1.667	0.356
D7	1.945	0.267
D8	2.223	0.178
D9	2.501	0.089

Fuente: Elaboración propia

Observaciones

- Debido a la gran cantidad de PET en su dosificación, las muestras D1 y D2 se descartaron al desmoronarse siendo desmoldadas y transportadas. Además, por su consistencia, durante el secado redujeron su volumen.
-
- Las muestras D8 y D9 no se tuvieron en cuenta debido a la mínima cantidad de PET considerado en sus dosificaciones. Lo cual, finalmente, se vería reflejado en una disminución de los beneficios de este material, así como en el costo del ecoladrillo.
- Debido a la poca consistencia de la mayoría de las muestras se decidió añadir arena a la mezcla y no considerar una cantidad PET mayor al 50% ni menor al 30% del volumen del ecoladrillo.

4.1.2 Etapa II

4.1.2.1 Optimización de dosificaciones

Tomando en cuenta las observaciones de los resultados anteriores. Se consideró las dosificaciones de PET entre el 30% y 50% del volumen del ecoladrillo. El resto de volumen se partió en partes iguales de Cemento y Arena Gruesa.

Tabla 11. Dosificaciones

DISEÑO	DOSIFICACIONES			CANT. DE MUESTRAS
	CEMENTO	PET	A. GRUESA	
D1	10%	90%		6
D2	20%	80%		6
D3	30%	70%		6
D4	40%	60%		6
D5	25%	50%	25%	6
D6	30%	40%	30%	6
D7	35%	30%	35%	6
D8	80%	20%		6
D9	90%	10%		6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Dosificaciones en volumen para D5, D6 y D7

DISEÑO	DOSIFICACIONES		
	CEMENTO (m3)	PET (m3)	ARENA GRUESA (m3)
D5	0.00076	0.00151	0.00076
D6	0.00091	0.00121	0.00091
D7	0.00106	0.00091	0.00106

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de las dosificaciones D5, D6 y D7 (50%, 40% y 30% de PET), se decidió trabajar con dosificaciones que varíen en 2.5% entre cada una, manteniendo los márgenes máximo y mínimo de 50% y 30% de PET respectivamente.

Las proporciones de Cemento y Arena Gruesa se mantienen en partes iguales. Esto para encontrar primero la cantidad de PET adecuada para el ecoladrillo.

Se decidió trabajar con 5 muestras por cada dosificación.

Tabla 13. Muestras por cada dosificación

DISEÑO		DOSIFICACIONES			CANT. DE MUESTRAS
		CEMENTO	PET	A. GRUESA	
D5	A	25.0%	50.0%	25.0%	5
	B	26.3%	47.5%	26.3%	5
	C	27.5%	45.0%	27.5%	5
	D	28.8%	42.5%	28.8%	5
D6	E	30.0%	40.0%	30.0%	5
	F	31.3%	37.5%	31.3%	5
	G	32.5%	35.0%	32.5%	5
	H	33.8%	32.5%	33.8%	5
D7	I	35.0%	30.0%	35.0%	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Dosificaciones en volumen

DISEÑO	DOSIFICACIONES		
	CEMENTO (m3)	PET (m3)	A. GRUESA
A	0.000756	0.001512	0.000756
B	0.000794	0.001436	0.000794
C	0.000832	0.001361	0.000832
D	0.000869	0.001285	0.000869
E	0.000907	0.001210	0.000907
F	0.000945	0.001134	0.000945
G	0.000983	0.001058	0.000983
H	0.001021	0.000983	0.001021
I	0.001058	0.000907	0.001058

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Dosificaciones en peso

DISEÑO	DOSIFICACIONES		
	CEMENTO (kg)	PET (kg)	A. GRUESA (kg)
A	0.694588	0.444536	1.080779
B	0.729318	0.422310	1.134818
C	0.764047	0.400083	1.188857
D	0.798776	0.377856	1.242896
E	0.833506	0.355629	1.296935
F	0.868235	0.333402	1.350974
G	0.902965	0.311175	1.405013
H	0.937694	0.288949	1.459052
I	0.972423	0.266722	1.513091

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2 Variación de dimensiones

A. Altura

Tabla 16. Altura

ESPECIMEN	ALTO (mm)					H(mm) σ	90 %
	H1	H2	H3	H4	Ho		
A1	93.00	93.50	94.00	92.00	93.13	93.476	-3.86
A2	94.00	94.10	92.70	94.50	93.83		
A3	94.80	91.50	93.70	92.00	93.00		
A4	93.90	95.00	94.80	91.10	93.70		
A5	90.10	95.00	95.70	94.11	93.73		
B1	92.70	92.00	91.00	92.10	91.95	92.521	-2.80
B2	92.26	91.60	94.10	92.04	92.50		
B3	92.78	91.50	92.00	92.80	92.27		
B4	93.10	93.70	94.50	94.20	93.88		
B5	92.00	92.78	92.10	91.16	92.01		
C1	91.58	91.18	93.50	92.50	92.19	92.754	-3.06
C2	91.10	92.16	91.58	92.41	91.81		
C3	93.14	91.00	94.20	94.18	93.13		
C4	94.40	94.52	93.70	94.12	94.19		

C5	93.20	91.20	93.40	92.00	92.45			
D1	90.00	89.24	90.22	91.00	90.12	90.503	0.27	-0.56
D2	90.60	90.20	92.40	90.00	90.80			
D3	90.60	90.00	91.28	91.00	90.72			
D4	91.20	89.20	91.10	90.10	90.40			
D5	90.50	91.30	89.52	90.60	90.48			
E1	92.30	93.30	93.20	92.00	92.70	92.345	0.50	-2.61
E2	92.32	92.32	92.50	92.70	92.46			
E3	93.10	92.50	93.20	92.84	92.91			
E4	91.20	91.80	92.52	91.50	91.76			
E5	91.20	92.10	92.60	91.70	91.90			
F1	92.10	91.38	92.72	92.00	92.05	92.277	0.99	-2.53
F2	91.70	93.00	95.10	95.32	93.78			
F3	92.20	92.40	93.10	92.34	92.51			
F4	92.40	91.50	92.12	91.92	91.99			
F5	92.20	91.00	90.30	90.74	91.06			
G1	90.24	91.12	90.24	91.32	90.73	91.310	0.52	-1.46
G2	90.70	91.12	90.20	91.54	90.89			
G3	91.60	91.54	91.32	92.20	91.67			
G4	91.98	91.74	92.56	91.60	91.97			
G5	91.16	92.74	91.00	90.28	91.30			
H1	91.08	89.86	91.00	91.70	90.91	91.603	0.77	-1.78
H2	92.00	92.40	93.20	93.10	92.68			
H3	90.58	90.40	91.00	91.40	90.85			
H4	91.00	92.20	91.62	91.50	91.58			
H5	92.34	92.00	92.50	91.18	92.01			
I1	91.00	89.76	89.74	89.50	90.00	91.177	0.77	-1.31
I2	89.70	91.00	91.56	91.40	90.92			
I3	92.60	92.00	91.50	91.60	91.93			
I4	91.50	91.40	93.00	91.28	91.80			
I5	89.82	92.00	91.18	92.00	91.25			

Fuente: Elaboración propia

B. Largo

Tabla 17. Largo

ESPECIMEN	LARGO (Cm)					H(cm)		24
	L1	L2	L3	L4	Lo	Lp	σ	%
A1	24.10	24.10	24.00	24.00	24.05	24.018	0.08	-0.07
A2	24.10	24.00	24.00	24.05	24.04			
A3	23.90	24.00	24.00	23.80	23.93			
A4	24.20	24.10	24.10	24.10	24.13			
A5	24.00	24.00	23.90	23.90	23.95			
B1	24.10	24.00	24.00	24.00	24.03	24.010	0.07	-0.04
B2	23.90	23.90	23.80	24.00	23.90			
B3	24.15	24.20	24.00	24.00	24.09			
B4	24.00	23.80	24.10	24.00	23.98			
B5	24.15	24.10	24.00	24.00	24.06			
C1	24.00	24.10	24.10	23.80	24.00	24.058	0.23	-0.24
C2	24.00	24.05	24.10	24.00	24.04			
C3	23.90	23.70	23.70	23.80	23.78			
C4	24.10	24.10	24.00	24.00	24.05			
C5	24.80	24.90	24.00	24.00	24.43			
D1	24.00	24.00	24.10	24.00	24.03	23.988	0.06	0.05
D2	23.90	24.00	23.90	24.00	23.95			
D3	24.10	24.00	24.05	24.00	24.04			
D4	23.90	23.90	24.00	23.80	23.90			
D5	24.00	24.00	24.10	24.00	24.03			
E1	24.10	24.00	24.15	24.00	24.06	24.040	0.04	-0.17
E2	23.90	24.00	24.10	23.90	23.98			
E3	24.10	24.00	24.00	24.10	24.05			
E4	24.10	24.00	24.00	24.15	24.06			
E5	24.05	24.00	24.00	24.15	24.05			
F1	24.00	24.00	24.00	24.10	24.03	24.068	0.03	-0.28
F2	24.10	24.10	24.00	24.00	24.05			
F3	24.10	24.00	24.15	24.10	24.09			

F4	24.10	24.10	24.10	24.00	24.08			
F5	24.10	24.20	24.10	24.00	24.10			
G1	24.00	24.10	24.15	24.00	24.06	24.075	0.04	-0.31
G2	24.10	24.20	24.15	24.00	24.11			
G3	24.00	24.00	24.10	24.10	24.05			
G4	24.05	24.20	24.10	24.10	24.11			
G5	24.00	24.15	24.00	24.00	24.04			
H1	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.035	0.06	-0.15
H2	24.00	24.00	24.00	23.95	23.99			
H3	24.05	24.00	24.00	24.00	24.01			
H4	24.15	24.15	24.10	24.15	24.14			
H5	24.10	24.00	24.05	24.00	24.04			
I1	24.10	24.15	24.05	24.00	24.08	24.095	0.03	-0.40
I2	24.15	24.10	24.10	24.10	24.11			
I3	24.10	24.10	24.05	24.00	24.06			
I4	24.00	24.10	24.15	24.10	24.09			
I5	24.15	24.10	24.10	24.20	24.14			

Fuente: Elaboración propia

C. Ancho

Tabla 18. Ancho

ESPECIMEN	ANCHO (mm)					H(mm)		140
	A1	A2	A3	A4	Ao	Ap	σ	%
A1	140.00	139.80	141.00	140.20	140.25	140.470	0.533	-0.34
A2	140.40	141.00	139.80	139.81	140.25			
A3	140.00	140.50	140.00	139.10	139.90			
A4	140.80	141.00	140.10	140.70	140.65			
A5	141.00	141.20	141.30	141.69	141.30			
B1	140.50	140.10	140.00	140.30	140.23	140.152	0.323	-0.11
B2	139.00	140.00	140.10	140.10	139.80			
B3	140.00	140.40	140.90	140.20	140.38			
B4	140.60	140.19	140.80	140.50	140.52			
B5	139.62	140.40	139.72	139.60	139.84			
C1	140.00	139.70	140.00	139.90	139.90	140.500	1.169	-0.36
C2	140.00	140.00	140.10	140.72	140.21			
C3	140.70	140.40	140.10	140.40	140.40			
C4	140.00	140.00	138.56	139.42	139.50			
C5	144.00	147.00	139.20	139.80	142.50			
D1	140.62	140.20	140.58	140.00	140.35	140.270	0.261	-0.19
D2	140.40	140.50	140.80	140.90	140.65			
D3	140.18	140.20	140.10	140.28	140.19			
D4	140.30	140.40	139.60	140.60	140.23			
D5	140.00	140.00	139.84	139.90	139.94			
E1	141.00	140.40	140.20	140.10	140.43	140.361	0.588	-0.26
E2	140.20	140.60	140.70	140.70	140.55			
E3	141.18	141.52	140.80	141.00	141.13			
E4	140.70	140.60	139.60	139.90	140.20			
E5	139.72	140.10	140.00	138.20	139.51			
F1	140.70	140.48	140.70	140.00	140.47	140.568	0.623	-0.41
F2	138.60	141.10	139.62	139.62	139.74			

F3	139.80	140.90	140.80	140.00	140.38			
F4	140.34	141.10	141.48	140.40	140.83			
F5	141.18	142.26	141.38	140.90	141.43			
G1	141.08	141.18	141.28	140.00	140.89	140.702	0.445	-0.50
G2	140.10	141.18	140.00	138.60	139.97			
G3	140.40	140.48	141.30	140.60	140.70			
G4	140.60	141.98	141.00	139.60	140.80			
G5	141.08	141.38	141.50	140.70	141.17			
H1	140.30	141.30	140.00	141.00	140.65	140.540	0.839	-0.39
H2	140.80	141.08	140.10	140.58	140.64			
H3	141.18	142.38	141.60	142.00	141.79			
H4	139.32	139.60	139.76	139.42	139.53			
H5	140.20	140.50	139.82	139.86	140.10			
I1	141.58	141.30	140.60	141.38	141.22	140.831	0.335	-0.59
I2	141.00	141.50	141.00	141.18	141.17			
I3	140.60	141.00	140.70	140.00	140.58			
I4	141.18	140.60	141.00	139.30	140.52			
I5	140.40	140.80	140.60	140.90	140.68			

Fuente: Elaboración propia

D. Resumen y clasificación de muestras

Tabla 19. Resumen y clasificación de muestras

ESPECIMEN	H	L	A	VH	VL	VA	TIPO		
							H	L	A
A	93.4755	24.0175	140.47	-3.86	-0.07	-0.34	IV	V	V
B	92.521	24.01	140.1515	-2.80	-0.04	-0.11	V	V	V
C	92.7535	24.0575	140.5	-3.06	-0.24	-0.36	IV	V	V
D	90.503	23.9875	140.27	-0.56	0.05	-0.19	V	V	V
E	92.345	24.04	140.361	-2.61	-0.17	-0.26	V	V	V
F	92.277	24.0675	140.568	-2.53	-0.28	-0.41	V	V	V
G	91.31	24.075	140.702	-1.46	-0.31	-0.50	V	V	V
H	91.603	24.035	140.54	-1.78	-0.15	-0.39	V	V	V
I	91.177	24.095	140.831	-1.31	-0.40	-0.59	V	V	V

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3 Alabeo

Tabla 20. Alabeo

ALABEO											
ESPECIMEN	DIAGONAL 1		DIAGONAL 2		DIAGONAL 3		DIAGONAL 4		PROMEDIO		TIPO
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	
A1	5		4			2		2.5	2.25	1.125	IV
A2		1.25	0.75			5		5	2.6875	0.3125	IV
A3	2.5			1		3.5		0	1.5	0.25	V
A4		2.5		2.5		0		0	0	1.25	V
A5	4		5			9		1	4.75	0	III
B1	5		5			4		2.5	4.125	0	III
B2		6.5		7		0	0	0	0	3.375	IV
B3	0	0	6			5		2.5	1.5	1.875	V
B4		6		6		0	1		0.25	3	V
B5	0			5		2.5		2.5	0	2.5	IV
C1		2.5	2			0	0	0	0.5	0.625	V
C2		7.5		5		0	0	0	0	3.125	IV
C3	8		7.5			8		8	3.875	4	IV
C4	0	0	0	0		5		7.5	0	3.125	IV
C5	9		5			0		3	3.5	0.75	IV
D1	5		7.5			1	7.5	20	3.375	6.875	II
D2	0	0		1		5		6	2.75	0.25	IV
D3	5		4			4		1	2.25	1.25	IV
D4	5	5		8		0	0	0	1.25	3.25	IV
D5	0	0	0	0		0	0	0	0	0	V
E1	0	0	0	2.5		0	0	0	0	0.625	V
E2				5		0		0	0	1.25	V
E3	2.5		0			0		0	0.625	0	V
E4	0			2.5		0		1	0	0.875	V
E5	2			2		0	0		0.5	0.5	V
F1	8		7.5			0		0	3.875	0	IV
F2	2		5			5		5	1.75	2.5	IV

F3	3	5	0	0	1	2	0.25	V
F4	2.5	7.5	0	0		2.5	0	IV
F5	10	5	1	0		4	0	IV
G1	5	0	0	0	2.5	1.25	0.625	IV
G2	12	12		1	0	6	0.25	III
G3	0	2.5	0	0		0.625	0	V
G4	6	7.5	1	1		3.875	0	IV
G5	1	1		5	0	0.5	1.25	V
H1	0	0	5	7.5	1	1.5	1.875	V
H2	5	0	0	0	0	1.25	0	V
H3	10	12.5	0		0	5.625	0	III
H4	10	7.5	0		0	2.5	1.875	IV
H5	7.5	2.5	2.5	10		5.625	0	III
I1	2.5	5	0	0		1.875	0	V
I2		0	0	0	0	0	0	V
I3	15	2.5	0	0		0.625	3.75	IV
I4	2.5	2	0	0		1.125	0	V
I5	10	5	0	0		3.75	0	IV

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.4 Ensayo de resistencia a compresión simple

Tabla 21. Ensayo de resistencia a compresión simple

DISEÑO	H (cm)	L (cm)	A (cm)	AREA (cm2)	PMAX (kg)	f'b (kg/cm2)	f'b Prom	δ	f'b corregido	Tipo	
A	A1	9.313	24.050	14.025	337.30	10726	31.80	37.57	5.27	32.30	NE
	A2	9.383	24.038	14.025	337.13	12475	37.00				
	A3	9.300	23.925	13.990	334.71	11114	33.20				
	A4	9.370	24.125	14.065	339.32	14821	43.68				
	A5	9.373	23.950	14.130	338.41	14271	42.17				
B	B1	9.195	24.025	14.023	336.89	19176	56.92	52.69	3.42	49.27	I
	B2	9.250	23.900	13.980	334.12	16274	48.71				
	B3	9.227	24.088	14.038	338.13	16971	50.19				
	B4	9.388	23.975	14.052	336.90	18626	55.29				
	B5	9.201	24.063	13.984	336.48	17616	52.35				
C	C1	9.219	24.000	13.990	335.76	33892	100.94	79.49	18.12	61.37	I
	C2	9.181	24.038	14.021	337.02	25733	76.36				
	C3	9.313	23.775	14.040	333.80	20754	62.17				
	C4	9.419	24.050	13.950	335.49	20969	62.50				
	C5	9.245	24.425	14.250	348.06	33226	95.46				
D	D1	9.012	24.025	14.035	337.19	36825	109.21	96.40	15.52	80.88	II

	D2	9.080	23.950	14.065	336.86	25017	74.27				
	D3	9.072	24.038	14.019	336.98	36478	108.25				
	D4	9.040	23.900	14.023	335.14	28828	86.02				
	D5	9.048	24.025	13.994	336.19	35047	104.25				
E	E1	9.270	24.063	14.043	337.90	36969	109.41	110.39	6.44	103.95	III
	E2	9.246	23.975	14.055	336.97	40173	119.22				
	E3	9.291	24.050	14.113	339.41	37634	110.88				
	E4	9.176	24.063	14.020	337.36	37556	111.32				
	E5	9.190	24.050	13.951	335.51	33926	101.12				
F	F1	9.205	24.025	14.047	337.48	39666	117.54	116.84	6.64	110.20	III
	F2	9.378	24.050	13.974	336.06	39655	118.00				
	F3	9.251	24.088	14.038	338.13	36581	108.19				
	F4	9.199	24.075	14.083	339.05	38669	114.05				
	F5	9.106	24.100	14.143	340.85	43093	126.43				
G	G1	9.073	24.063	14.089	339.00	40911	120.68	123.06	4.29	118.77	III
	G2	9.089	24.113	13.997	337.50	43314	128.34				
	G3	9.167	24.050	14.070	338.37	40147	118.65				
	G4	9.197	24.113	14.080	339.49	43093	126.93				
	G5	9.130	24.038	14.117	339.33	40956	120.70				
H	H1	9.091	24.000	14.065	337.56	45273	134.12	138.75	5.27	133.47	III

	H2	9.268	23.988	14.064	337.36	49553	146.88				
	H3	9.085	24.013	14.179	340.47	47890	140.66				
	H4	9.158	24.138	13.953	336.78	45264	134.40				
	H5	9.201	24.038	14.010	336.75	46365	137.68				
I	I1	9.000	24.075	14.122	339.98	51348	151.03	143.48	7.27	136.21	IV
	I2	9.092	24.113	14.117	340.40	48977	143.88				
	I3	9.193	24.063	14.058	338.26	45421	134.28				
	I4	9.180	24.088	14.052	338.48	50764	149.98				
	I5	9.125	24.138	14.068	339.55	46942	138.25				

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.5 Observaciones

- Se consiguió una mejor consistencia al añadir arena gruesa a la mezcla.
- Se pudo concluir que la arena gruesa cumple la función de relleno para la pasta, consiguiendo una mezcla más estable y rígida mejorando la cohesión y trabajabilidad de la misma.
- Se observa que los diseños A y B tienen un acabado más irregular debido a que contienen mayor porcentaje de PET a comparación de los otros diseños.
- Se procedió con los ensayos para todas las muestras.
- De los resultados se concluye que ninguno de los ladrillos es tipo V, según la Tabla N°1 de clase de Unidad de Albañilería.
- Como era de esperar, los resultados reflejan que los diseños donde el porcentaje de cemento era mayor llegaron a una resistencia mayor.
- De los resultados nos indica que debemos variar el diseño aumentando el porcentaje de cemento, pero sin sacrificar la cantidad del PET, por lo cual se tendrá que variar los porcentajes entre el cemento y la arena gruesa.
- Finalmente se escogieron los diseños C, D y E, los cuales contienen un porcentaje de PET de 45%, 42.5% y 40% respectivamente. A partir de estas dosificaciones de PET se procederá a variar las proporciones Cemento – Arena Gruesa con la finalidad de encontrar la proporción adecuada.

4.1.3 Etapa III

4.1.3.1 Optimización de dosificaciones

Manteniendo las dosificaciones de PET de los diseños C, D y E, procedemos a realizar las variaciones A, B y C de cada uno, considerando mayor cantidad de cemento en la dosificación, manteniendo así la idea del concepto de ecoladrillo “Cemento – PET”, y utilizando las propiedades de la Arena Gruesa únicamente para mejorar la consistencia de la mezcla.

Tabla 22. Diseño C original (45.0% PET) y sus variaciones A, B y C:

	DISEÑO	DOSIFICACIONES		
		CEMENTO	PET	A. GRUESA
Original	C	27.50%	45.00%	27.50%
	CA	45.00%	45.00%	10.00%
Variaciones	CB	40.00%	45.00%	15.00%
	CC	35.00%	45.00%	20.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Diseño D original (42.5% PET) y sus variaciones A, B y C:

	DISEÑO	DOSIFICACIONES		
		CEMENTO	PET	CEMENTO
Original	D	28.80%	42.50%	28.80%
	DA	42.50%	42.50%	15.00%
Variaciones	DB	37.50%	42.50%	20.00%
	DC	32.50%	42.50%	25.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Diseño E original (40.0% PET) y sus variaciones A, B y C:

	DISEÑO	DOSIFICACIONES		
		CEMENTO	PET	A. GRUESA
Original	E	30.00%	40.00%	30.00%
	EA	45.00%	40.00%	15.00%
Variaciones	EB	40.00%	40.00%	20.00%
	EC	35.00%	40.00%	25.00%

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2 Variación de dimensiones

A. Altura

Tabla 25. Altura de variaciones de C, D y E

ESPECIMEN	ALTO (mm)					H(mm)	90	
	H1	H2	H3	H4	Ho	Hp	σ	%
CA1	89.00	91.00	89.00	89.00	89.50	89.405	0.56	0.66
CA2	90.00	91.20	89.80	89.60	90.15			
CA3	90.00	89.90	89.30	89.50	89.68			
CA4	88.00	90.50	89.80	90.10	88.90			
CA5	89.00	91.00	90.20	89.40	88.80			
CB1	89.60	88.20	89.90	87.80	88.88	89.415	1.20	0.65
CB2	86.60	86.00	88.80	89.50	87.73			
CB3	90.50	92.70	89.30	91.00	90.88			
CB4	90.00	89.20	90.10	90.20	89.50			
CB5	90.20	90.10	89.80	89.80	90.10			
CC1	88.00	90.10	88.00	87.40	88.38	88.865	1.20	1.26
CC2	90.30	88.60	88.90	89.00	89.20			

CC3	87.10	87.00	86.00	88.00	87.03			
CC4	90.20	89.90	90.20	88.90	89.80			
CC5	89.10	90.20	90.10	90.30	89.93			
DA1	87.60	87.80	88.40	88.60	88.10	89.416	0.76	0.65
DA2	88.60	88.00	91.00	90.50	89.53			
DA3	89.90	90.80	89.60	89.70	90.00			
DA4	89.80	90.12	88.90	90.20	89.76			
DA5	90.10	89.60	89.10	90.00	89.70			
DB1	87.00	87.10	88.40	91.20	88.43	89.050	0.58	1.06
DB2	86.60	89.00	89.10	89.90	88.65			
DB3	88.80	91.00	89.50	87.30	89.15			
DB4	90.20	90.10	89.90	89.50	89.93			
DB5	88.90	89.10	89.50	88.90	89.10			
DC1	88.00	87.20	91.00	88.50	88.68	88.865	0.48	1.26
DC2	88.00	88.40	88.20	88.00	88.15			
DC3	88.00	88.20	89.40	90.00	88.90			
DC4	89.10	89.90	89.50	88.70	89.30			
DC5	89.80	88.60	89.60	89.20	89.30			

EA1	86.50	89.20	87.20	86.10	87.25	89.225	1.25	0.86
EA2	88.70	91.00	91.10	91.70	90.63			
EA3	89.70	89.80	88.60	88.00	89.03			
EA4	89.50	89.60	89.70	88.80	89.40			
EA5	90.10	90.00	90.30	88.90	89.83			
EB1	88.60	88.90	89.30	89.60	89.10	89.270	0.53	0.81
EB2	88.30	86.60	89.00	89.80	88.43			
EB3	89.70	88.50	89.90	89.80	89.48			
EB4	90.10	89.80	88.90	89.60	89.60			
EB5	89.30	89.60	90.00	90.10	89.75			
EC1	88.10	84.40	89.90	85.40	86.95	88.208	1.33	1.99
EC2	88.00	88.70	86.70	89.00	88.10			
EC3	86.40	85.00	89.80	86.40	86.90			
EC4	88.90	89.60	90.15	88.20	89.21			
EC5	89.90	90.10	89.70	89.80	89.88			

Fuente: Elaboración propia

B. Largo

Tabla 26.Largo de variaciones de C, D y E

ESPECIMEN	LARGO (Cm)						H(mm)	24
	L1	L2	L3	L4	Lo	Lp	σ	%
CA1	24	24.1	24	23.9	24	24.02	0.1191113	-0.08
CA2	23.8	24.1	23.9	24	23.95			
CA3	23.9	24	24.1	24	24			
CA4	24.2	24.6	24.1	24	24.225			
CA5	24	23.9	23.8	24	23.925			
CB1	24	24.1	24.1	24.1	24.075	24.01	0.0518411	-0.04
CB2	24.1	24	24	23.9	24			
CB3	24.1	24	24	24.1	24.05			
CB4	24	24	23.9	23.9	23.95			
CB5	24.2	23.8	23.9	24	23.975			
CC1	24	24	24.1	24.3	24.1	23.995	0.0647109	0.02
CC2	24	23.9	23.8	24	23.925			
CC3	23.9	23.9	24	24.1	23.975			
CC4	24	24	24.1	23.9	24			
CC5	24.1	24	23.9	23.9	23.975			
DA1	24	24	24.2	24.1	24.075	23.955	0.1051784	0.19
DA2	23.9	23.9	24	23.9	23.925			
DA3	24.1	24	24.1	23.9	24.025			
DA4	23.9		23.9	24	23.8			
DA5	24.1	23.8	24	23.9	23.95			
DB1	24	24.1	24	24.3	24.1	24.02	0.0855132	-0.08
DB2	24	24	24.1	24	24.025			
DB3	24.2	24	24	24.2	24.1			
DB4	23.9	24	23.9	23.8	23.9			
DB5	23.8	24	24	24.1	23.975			
DC1	24.2	24.1	24.2	24	24.125	24.045	0.083666	-0.19
DC2	24.2	24.2	24.1	24	24.125			
DC3	23.9	24	23.9	23.9	23.925			

DC4	24	24	24	24.1	24.025			
DC5	24.1	24.1	23.9	24	24.025			
EA1	24	24.1	24	24	24.025	24.035	0.0627495	-0.15
EA2	24	24.2	24	24	24.05			
EA3	24	24.2	24.2	24.1	24.125			
EA4	23.9	23.9	24	24	23.95			
EA5	24.1	24.1	23.9	24	24.025			
EB1	24	24.1	24	24	24.025	24	0.05	0.00
EB2	24.2	24.1	24	23.9	24.05			
EB3	24	24	23.9	24	23.975			
EB4	24.1	24	23.9	24.1	24.025			
EB5	23.9	23.9	23.9	24	23.925			
EC1	24.2	24.1	24	24	24.075	24.02	0.1006231	-0.08
EC2	24	24.1	24.1	24.3	24.125			
EC3	24.1	24.2	24	24	24.075			
EC4	24.1	23.8	23.8	24	23.925			
EC5	23.9	23.8	23.9	24	23.9			

Fuente: Elaboración propia

C. Ancho

Tabla 27. Ancho de variaciones de C, D y E

ESPECIMEN	ANCHO (mm)						H(mm)	140
	A1	A2	A3	A4	Ao	Ap	σ	%
CA1	140.2	140.9	140	140.4	140.375	140.64	0.6323567	-0.46
CA2	140	140	140.9	140.2	140.275			
CA3	141.8	141.3	141.7	142	141.7			
CA4	140.1	140.2	140	140.2	140.125			
CA5	141	140.5	140.5	140.9	140.725			
CB1	141.6	142	141.4	141.6	141.65	140.725	0.55	-0.52
CB2	140.8	140.9	140.1	141	140.7			
CB3	140.2	140.4	140	140.2	140.2			
CB4	140	140.5	140.8	140.6	140.475			
CB5	140.1	140.9	140.9	140.5	140.6			
CC1	140.8	141	140.6	141	140.85	140.98	0.3247114	-0.70
CC2	141	141	141.1	141.2	141.075			
CC3	141.4	141.7	141.5	141.4	141.5			
CC4	141	140.8	140.9	140.5	140.8			
CC5	140.9	140	140.8	141	140.675			
DA1	141.1	141	141.2	139.4	140.675	140.74	0.5188931	-0.53
DA2	140	139.2	140.5	140	139.925			
DA3	141.2	141.3	141.8	141.1	141.35			
DA4	141	141	140.8	140.7	140.875			
DA5	140.8	140.9	140.8	141	140.875			
DB1	140.5	140.9	141	141.3	140.925	140.75	0.363576	-0.54
DB2	140.9	141.8	141.6	140.5	141.2			
DB3	140.7	141	140.5	140	140.55			
DB4	141	140.5	141	140.8	140.825			
DB5	140.1	140	140	140.9	140.25			
DC1	140.7	140.5	141	140.8	140.75	140.37	0.2606482	-0.26
DC2	140	139.8	140.2	140.4	140.1			
DC3	140.5	140.6	140.2	140.4	140.425			

DC4	140.5	140.3	140	140.9	140.425			
DC5	140.2	140.1	140.2	140.1	140.15			
EA1	140.7	140.1	140.4	139.4	140.15	140.495	0.4295346	-0.35
EA2	140.5	141.3	141.6	141.4	141.2			
EA3	140.6	141	140.6	140.2	140.6			
EA4	140.1	140.8	140	140	140.225			
EA5	140.5	140.5	140.1	140.1	140.3			
EB1	139.7	139.6	140.3	139.8	139.85	140.76	0.598331	-0.54
EB2	141.1	141.6	141.4	142	141.525			
EB3	140	140.8	141	141.1	140.725			
EB4	141	140.9	140.8	140.8	140.875			
EB5	141	140.8	140.8	140.7	140.825			
EC1	141.6	140.9	140.6	141.5	141.15	140.54	0.6281421	-0.39
EC2	140.1	140.4	138.6	139.4	139.625			
EC3	140.8	140.6	140.5	141.3	140.8			
EC4	140	140.2	140.5	140	140.175			
EC5	141	141.1	140.8	140.9	140.95			

Fuente: Elaboración propia

D. Resumen y clasificación de muestras

Tabla 28. Resumen y clasificación de muestras

ESPECIMEN	H	L	A	VH	VL	VA	TIPO		
							H	L	A
CA	89.41	24.02	140.64	0.66	-0.08	-0.46	V	V	V
CB	89.42	24.01	140.73	0.65	-0.04	-0.52	V	V	V
CC	88.87	24.00	140.98	1.26	0.02	-0.70	V	V	V
DA	89.42	23.96	140.74	0.65	0.19	-0.53	V	V	V
DB	89.05	24.02	140.75	1.06	-0.08	-0.54	V	V	V
DC	88.87	24.05	140.37	1.26	-0.19	-0.26	V	V	V
EA	89.23	24.04	140.50	0.86	-0.15	-0.35	V	V	V
EB	89.27	24.00	140.76	0.81	0.00	-0.54	V	V	V
EC	88.21	24.02	140.54	1.99	-0.08	-0.39	V	V	V

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3 Alabeo

Tabla 29. Alabeo de variaciones de C, D y E

ALABEO											
ESPECIMEN	DIAGONAL 1		DIAGONAL 2		DIAGONAL 3		DIAGONAL 4		PROMEDIO		TIPO
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	
CA1	1		2		0		0		0.75	0	V
CA2	1			1.5	0		0		0.25	0.375	V
CA3		1		0	0		0		0	0.25	V
CA4	1				0		0		0.25	0	V
CA5	1			1.5	0		0		0.25	0.375	V
CB1		1.5		1	0		0		0	0.625	V
CB2	1.5			1.5	0		0		0.375	0.375	V
CB3		1	2		0		0		0.5	0.25	V
CB4		1		1	0		0		0	0.5	V
CB5					0		0		0	0	V
CC1	1.5		1		0		0		0.625	0	V
CC2	2			1	0		0		0.5	0.25	V
CC3	2		1.5		0		0		0.875	0	V
CC4		1.5		1			0		0	0.625	V
CC5	1		1		0		0		0.5	0	V
DA1		2		2	0		0		0	1	V
DA2	1.5		0		0		0		0.375	0	V
DA3		3		2	0		0		0	1.25	V
DA4	1		1		0		0		0.5	0	V
DA5		2		1	0		0		0	0.75	V
DB1	1.5		1		0		0		0.625	0	V
DB2		1		2	0		0		0	0.75	V
DB3	1.5		2.5		0		0		1	0	V
DB4		0		0	0		0		0	0	V
DB5	1		0.5		0		0		0.375	0	V

DC1		2	1.5		0	0	0.375	0.5	V
DC2	1			0.5	0	0	0.25	0.125	V
DC3		2.5		2	0	0	0	1.125	V
DC4	1			1	0	0	0.25	0.25	V
DC5		1		1	0	0	0	0.5	V
EA1		2		1	0	0	0	0.75	V
EA2		1		1.5	0	0	0	0.625	V
EA3	0.5		1		0	0	0.375	0	V
EA4		1			0	0	0	0.25	V
EA5			1		0	0	0.25	0	V
EB1	2		1		0	0	0.75	0	V
EB2	1			1.5	0	0	0.25	0.375	V
EB3		2		2.5	0	0	0	1.125	V
EB4		1			0	0	0	0.25	V
EB5			0		0	0	0	0	V
EC1		2		2	0	0	0	1	V
EC2		0.5		2.5	0	0	0	0.75	V
EC3		2		2	0	0	0	1	V
EC4	0.5				0	0	0.125	0	V
EC5	0.5				0	0	0.125	0	V

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.4 Ensayo de resistencia a compresión simple

Tabla 30. Ensayo de resistencia a compresión simple de C,D y E

	AREA	H (cm)	L (cm)	A (cm)	AREA (cm ²)	PMAX (kg)	f'b (kg/cm ²)	f'b Prom	δ	f'b corregido	TIPO
CA	CA1	8.95	24.00	14.04	336.90	52691	156.40	149.63	4.52	145.11	IV
	CA2	9.02	23.95	14.03	335.96	49058	146.02				
	CA3	8.97	24.00	14.17	340.08	49430	145.35				
	CA4	9.00	23.98	14.05	336.79	50112	148.79				
	CA5	9.02	23.98	14.04	336.55	51021	151.60				
CB	CB1	8.91	24.08	14.17	341.02	50653	148.53	143.94	4.72	139.22	IV
	CB2	8.91	24.00	14.07	337.68	46417	137.46				
	CB3	9.06	24.05	14.02	337.18	49664	147.29				
	CB4	9.00	23.98	14.04	336.55	47314	140.59				
	CB5	8.96	24.00	14.00	336.06	49002	145.81				
CC	CC1	8.90	24.10	14.09	339.45	52435	154.47	143.10	10.21	132.89	IV
	CC2	8.92	23.93	14.11	337.52	47914	141.96				
	CC3	8.86	23.98	14.15	339.25	43176	127.27				
	CC4	8.94	24.03	14.05	337.61	48190	142.74				
	CC5	9.00	24.00	14.04	336.96	50235	149.08				

DA	DA1	8.90	24.08	14.07	338.68	62499	184.54	206.21	15.76	190.44	V
	DA2	8.98	23.93	13.99	334.77	67640	202.05				
	DA3	9.00	24.03	14.14	339.59	77413	227.96				
	DA4	8.96	24.05	14.00	336.76	68923	204.66				
	DA5	8.99	24.03	14.04	337.25	71436	211.82				
DB	DB1	8.96	24.10	14.09	339.63	55586	163.67	180.53	12.67	167.86	IV
	DB2	8.95	24.03	14.12	339.23	66642	196.45				
	DB3	9.01	24.10	14.06	338.73	60706	179.22				
	DB4	9.02	24.05	14.05	337.78	58970	174.58				
	DB5	9.00	24.00	14.00	336.00	63415	188.74				
DC	DC1	8.96	24.13	14.08	339.56	46211	136.09	135.51	4.85	130.65	IV
	DC2	8.92	24.13	14.01	337.99	43494	128.68				
	DC3	8.96	23.93	14.04	335.97	47794	142.26				
	DC4	9.03	24.03	14.07	337.97	45416	134.38				
	DC5	8.99	23.95	14.02	335.66	45689	136.12				
EA	EA1	8.95	24.03	14.02	336.71	67067	199.18	206.79	6.10	200.69	V
	EA2	9.01	24.05	14.12	339.59	68316	201.17				
	EA3	8.94	24.13	14.06	339.20	71482	210.74				

	EA4	9.01	24.03	14.00	336.35	71315	212.03				
	EA5	8.97	24.03	14.02	336.71	70993	210.84				
EB	EB1	8.96	24.03	13.99	335.99	66545	198.06	199.61	3.77	195.84	V
	EB2	8.93	24.05	14.15	340.37	66409	195.11				
	EB3	8.97	23.98	14.07	337.39	69112	204.84				
	EB4	8.94	24.03	14.01	336.47	67899	201.80				
	EB5	9.01	23.95	14.06	336.62	66732	198.24				
EC	EC1	8.92	24.08	14.12	339.82	67805	199.53	198.44	6.14	192.30	V
	EC2	8.91	24.13	13.96	336.85	64288	190.85				
	EC3	8.96	24.08	14.08	338.98	70430	207.77				
	EC4	8.95	24.03	14.04	337.31	66711	197.77				
	EC5	8.93	24.03	14.00	336.23	65991	196.27				

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.5 Observaciones

- Se puede observar una mejora en los resultados de la resistencia por compresión, teniendo tipo IV y V.
- El diseño E (que posee mayor cantidad de cemento), es el que cumple en todos los casos el tipo V en la clasificación.
- Notamos por los resultados que es necesario incorporar un poco más de cemento en los diseños C y D.
- Seguimos con la consigna de incrementar la resistencia sin sacrificar el porcentaje de plástico, por lo en el caso del diseño C, aumentaremos el porcentaje de cemento y disminuiremos el agregado, en el diseño D aplicaremos el mismo criterio.

4.1.4 Etapa IV

4.1.4.1 Optimización de dosificaciones

Manteniendo las dosificaciones de PET de los diseños C, D y E, procedemos a realizar las variaciones CA', DA', DB, DC' y EA' de cada uno, considerando mayor cantidad de cemento en la dosificación, manteniendo así la idea del concepto de ecoladrillo "Cemento – PET", y utilizando las propiedades de la Arena Gruesa únicamente para mejorar la consistencia de la mezcla.

Tabla 31. Diseño C original (45.0% PET) y su variación A'

	DISEÑO	DOSIFICACIONES		
		CEMENTO	PET	A. GRUESA
Original	C	27.5%	45.0%	27.5%
Variación	CA'	50.0%	45.0%	5.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Diseño D original (42.5% PET) y sus variaciones A', B' y C':

	DISEÑO	DOSIFICACIONES		
		CEMENTO	PET	A. GRUESA
Original	D	28.8%	42.5%	28.8%
Variación	DA'	50.0%	42.5%	7.5%
	DB'	45.0%	42.5%	12.5%
	DC'	40.0%	42.5%	17.5%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Diseño E original (40.0% PET) y su variación A':

	DISEÑO	DOSIFICACIONES		
		CEMENTO	PET	A. GRUESA
Original	E	30.00%	40.00%	30.00%
Variación	EA'	50.00%	40.00%	10.00%

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2 Variación de dimensiones

A. Altura

Tabla 34. Variación de dimensiones - Altura

ESPECIMEN	ALTO (mm)					H(mm) σ	90 %
	H1	H2	H3	H4	Ho		
CA'1	88.30	88.40	87.90	84.70	87.33	88.803	1.03
CA'2	89.20	87.90	88.10	88.80	88.50		
CA'3	89.10	88.90	89.25	89.60	89.21		
CA'4	89.20	88.60	87.90	89.60	88.83		
CA'5	90.00	90.50	90.20	89.90	90.15		
DA'1	87.00	88.60	87.90	88.10	87.90	88.660	0.45
DA'2	88.50	88.65	89.00	89.15	88.83		
DA'3	88.40	88.90	88.20	90.00	88.88		
DA'4	88.30	88.30	88.70	89.20	88.63		
DA'5	89.50	89.10	88.70	89.00	89.08		
DB'1	88.80	88.70	88.40	87.90	88.45	89.075	0.44
DB'2	89.80	88.20	88.20	89.20	88.85		
DB'3	88.90	89.10	89.75	89.00	89.19		

DB'4	88.90	89.70	89.35	89.10	89.26			
DB'5	89.10	89.60	89.70	90.10	89.63			
DC'1	89.60	89.55	90.15	90.10	89.85	89.053	0.50	1.05
DC'2	88.40	88.60	88.90	88.20	88.53			
DC'3	88.30	89.60	89.10	88.70	88.93			
DC'4	88.40	89.25	89.10	89.80	89.14			
DC'5	89.10	89.20	88.75	88.25	88.83			
EA'1	89.40	89.20	88.40	89.80	89.20	89.405	0.71	0.66
EA'2	88.20	88.40	88.20	88.70	88.38			
EA'3	89.20	89.00	89.50	89.60	89.33			
EA'4	89.40	90.10	90.50	89.90	89.98			
EA'5	90.10	90.40	90.10	90.00	90.15			

Fuente: Elaboración propia

B. Largo

Tabla 35. Variación de dimensiones- Largo

ESPECIMEN	LARGO (Cm)						H(cm) σ	24 %
	L1	L2	L3	L4	Lo	Lp		
CA'1	24.1	23.9	24	24.1	24.025	24.02	0.0209165	-0.08
CA'2	24	23.9	24.1	24	24			
CA'3	24	24.1	24	24	24.025			
CA'4	24.1	24	24	23.9	24			
CA'5	24	24	24.1	24.1	24.05			
DA'1	24.1	24	24.2	24.1	24.1	24	0.0661438	0.00
DA'2	23.9	24.1	24	23.9	23.975			
DA'3	24	23.9	24.1	23.9	23.975			
DA'4	24.1	24	24	24	24.025			
DA'5	23.9	24	23.9	23.9	23.925			
DB'1	24.2	24.1	24	24	24.075	24.015	0.0575543	-0.06
DB'2	23.9	24.2	23.9	24	24			
DB'3	24	24	24.1	24.1	24.05			
DB'4	24.1	24	23.9	24.1	24.025			
DB'5	24	23.9	23.9	23.9	23.925			
DC'1	24.1	24.1	24	23.9	24.025	24.015	0.0285044	-0.06
DC'2	23.9	24.1	23.9	24.1	24			
DC'3	23.9	24	24	24	23.975			
DC'4	24	24	24	24.1	24.025			
DC'5	24.1	24.1	23.9	24.1	24.05			
EA'1	24	24.2	24	24.1	24.075	24.045	0.0758288	-0.19
EA'2	23.9	24	24	24.1	24			
EA'3	24.1	24.1	24.1	24.3	24.15			
EA'4	24.1	24	24	24.1	24.05			
EA'5	23.9	23.9	24	24	23.95			

Fuente :Elaboración propia

C. Ancho

Tabla 36. Variación de dimensiones - Ancho

ESPECIMEN	ANCHO (mm)						H(mm)	140
	A1	A2	A3	A4	Ao	Ap	σ	%
CA'1	141.9	142	142.1	142.2	142.05	140.92	0.7049823	-0.66
CA'2	140	140.3	140.5	140.5	140.325			
CA'3	140.2	140.2	141.3	142	140.925			
CA'4	140.8	140.5	140	140	140.325			
CA'5	141	141	140.9	141	140.975			
DA'1	140.8	141.3	141.2	141.8	141.275	141.14	0.7893035	-0.81
DA'2	141.3	142	142	141.4	141.675			
DA'3	142	142.3	142.4	141.6	142.075			
DA'4	140.2	140.8	140.6	140.2	140.45			
DA'5	140.3	140.5	140.1	140	140.225			
DB'1	141.3	141.4	140.7	140.4	140.95	140.605	0.2700694	-0.43
DB'2	140.2	140	140.8	140.4	140.35			
DB'3	140.5	140.2	141	141.4	140.775			
DB'4	140.1	140.2	140.3	140.7	140.325			
DB'5	140.8	140.7	140.5	140.5	140.625			
DC'1	140.2	141	141.4	140.8	140.85	140.415	0.2787248	-0.30
DC'2	140	140.2	140.5	140.4	140.275			
DC'3	140.3	140.2	140.4	140.2	140.275			
DC'4	140.5	140.3	140.5	140.8	140.525			
DC'5	140	140.1	140.5	140	140.15			
EA'1	140	139.8	140.2	140	140	140.41	0.3145433	-0.29
EA'2	140.1	141	140.8	140.4	140.575			
EA'3	140	141	141.4	140.8	140.8			
EA'4	140.6	140.8	140.5	140	140.475			
EA'5	140	140.5	140.2	140.1	140.2			

Fuente: Elaboración propia

D. Resumen y clasificación de muestra

Tabla 37. Resumen y clasificación de muestra

ESPECIMEN	H	L	A	VH	VL	VA	TIPO		
							H	L	A
CA'	88.80	24.02	140.92	1.33	-0.08	-0.66	V	V	V
DA'	88.66	24.00	141.14	1.49	0.00	-0.81	V	V	V
DB'	89.08	24.02	140.61	1.03	-0.06	-0.43	V	V	V
DC'	89.05	24.02	140.42	1.05	-0.06	-0.30	V	V	V
EA'	89.41	24.05	140.41	0.66	-0.19	-0.29	V	V	V

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.3 Alabeo

Tabla 38. Alabeo de variaciones con A', B' y C'

ESPECIMEN	DIAGONAL 1		DIAGONAL 2		DIAGONAL 3		DIAGONAL 4		PROMEDIO		TIPO
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	
CA'1		1.5		2.5	0		0		0	1	V
CA'2		2		2.5	0		0		0	1.125	V
CA'3		2.5		1.5	0		0		0	1	V
CA'4	1.5				0		0		0.375	0	V
CA'5	0.5				0		0		0.125	0	V
DA'1	1			2.5	0		0		0.25	0.625	V
DA'2		2		1.5	0		0		0	0.875	V
DA'3		2		1	0		0		0	0.75	V
DA'4	1				0		0		0.25	0	V
DA'5		1		1	0		0		0	0.5	V
DB'1	1			2	0		0		0.25	0.5	V
DB'2		2		1.5	0		0		0	0.875	V
DB'3	0.5			1	0		0		0.125	0.25	V
DB'4			1		0		0		0.25	0	V
DB'5		1.5			0		0		0	0.375	V
DC'1	1		0.5		0		0		0.375	0	V
DC'2		1		2	0		0		0	0.75	V
DC'3	1			0.5	0		0		0.25	0.125	V
DC'4		1			0		0		0	0.25	V
DC'5	1			1	0		0		0.25	0.25	V
EA'1	0.5			2	0		0		0.125	0.5	V
EA'2		2		2.5	0		0		0	1.125	V
EA'3		2		2	0		0		0	1	V
EA'4	1.5				0		0		0.375	0	V
EA'5			1		0		0		0.25	0	V

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.4 Resistencia a la compresión simple

Tabla 39. Resistencia a la compresión simple con A', B' y C'

ESPECIMEN	DIAGONAL 1		DIAGONAL 2		DIAGONAL 3		DIAGONAL 4		PROMEDIO		TIPO
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	
CA'1		1.5		2.5	0		0		0	1	V
CA'2		2		2.5	0		0		0	1.125	V
CA'3		2.5		1.5	0		0		0	1	V
CA'4	1.5				0		0		0.375	0	V
CA'5	0.5				0		0		0.125	0	V
DA'1	1			2.5	0		0		0.25	0.625	V
DA'2		2		1.5	0		0		0	0.875	V
DA'3		2		1	0		0		0	0.75	V
DA'4	1				0		0		0.25	0	V
DA'5		1		1	0		0		0	0.5	V
DB'1	1			2	0		0		0.25	0.5	V
DB'2		2		1.5	0		0		0	0.875	V
DB'3	0.5			1	0		0		0.125	0.25	V
DB'4			1		0		0		0.25	0	V
DB'5		1.5			0		0		0	0.375	V
DC'1	1		0.5		0		0		0.375	0	V
DC'2		1		2	0		0		0	0.75	V
DC'3	1			0.5	0		0		0.25	0.125	V
DC'4		1			0		0		0	0.25	V
DC'5	1			1	0		0		0.25	0.25	V
EA'1	0.5			2	0		0		0.125	0.5	V
EA'2		2		2.5	0		0		0	1.125	V
EA'3		2		2	0		0		0	1	V
EA'4	1.5				0		0		0.375	0	V
EA'5			1		0		0		0.25	0	V

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.5 Observaciones

- Se puede observar una mejora en los resultados de la resistencia por compresión, teniendo tipo IV y V.
- El diseño E (que posee mayor cantidad de cemento), es el que cumple en todos los casos el tipo V en la clasificación.
- Notamos por los resultados que es necesario incorporar un poco más de cemento en los diseños C y D.
- Seguimos con la consigna de incrementar la resistencia sin sacrificar el porcentaje de plástico, por lo en el caso del diseño C, aumentaremos el porcentaje de cemento y disminuirémos el agregado, en el diseño D aplicaremos el mismo criterio.

4.1.5 Etapa V

4.1.5.1 Fabricación y ensayo de pilas

De los resultados obtenidos en los diseños CA', DA', DB', DC' y EA', seleccionamos como ganadores el CA' y DC', para los cuales procederemos a realizar los ensayos de resistencia a compresión en pilas y muretes.

A. Resistencia a la compresión en pilas

1. Diseño CA'

Para el ensayo de compresión, se procedió a elaborar 5 pilas, que consistían en la unión de 3 unidades de ladrillos PET adosados con mortero relación 1:4 de 01 cm de espesor. Al momento de la elaboración se verifico la plomada de la misma.



Figura 3. Diseño CA'

Fuente: Elaboración propia

Del ensayo realizado se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 40.Resultado del diseño CA'

PILA	AREA	PMAX	fm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	F'M
CA' 1	336	42936	127.786	2.07	0.80	102.229
CA' 2	336	42158	125.470	2.07	0.80	100.376
CA' 3	336	41888	124.667	2.07	0.80	99.733
CA' 4	336	42001	125.003	2.07	0.80	100.002
CA' 5	336	41976	124.929	2.07	0.80	99.943
Promedio						100.457
Desviación Est.						1.017
Resultado						99.439 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

2. Diseño DC'

Para el ensayo de compresión, procedimos a elaborar 5 pilas, que consistían en la unión de 3 unidades de ladrillos PET adosados con mortero relación 1:4 de 01 cm de espesor. Al momento de la elaboración se verifico la plomada de la misma.



Figura 4. Diseño DC'

Fuente: Elaboración propia

Del ensayo realizado se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 41.Resultado del diseño DC'

PILA	AREA	PMAX	fm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	F'M
DC' 1	336	37899	112.795	2.07	0.80	90.236
DC' 2	336	35187	104.723	2.07	0.80	83.779
DC' 3	336	38020	113.155	2.07	0.80	90.524
DC' 4	336	38078	113.327	2.07	0.80	90.662
DC' 5	336	35981	107.086	2.07	0.80	85.669
Promedio						88.174
Desviación Est.						3.223
Resultado						84.951 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2 Fabricación y ensayo de muretes

Los muretes tendrán una dimensión mínima de 60 x 60 cm, con una junta aproximada de 1 cm.



Figura 5. Muretes

Fuente: Laboratorio

A. Diseño CA'



Figura 6. Fabricación

Fuente: Laboratorio



Figura 7. Murete de diseño CA'

Fuente: Laboratorio

De las roturas se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 42.Resultado de las roturas CA'

Diseño	Longitud		Espesor (cm)	Carga (kg)	Área Neta (cm ²)	Compresión V'm (kg/cm ²)
	L1 (cm)	L2 (cm)				
CA' 1	62.80	14.10	63.00	23827.00	2422.35	6.95
CA' 2	62.40	13.90	62.80	21959.00	2395.82	6.48
CA' 3	62.80	14.00	63.20	23594.00	2426.88	6.87
Promedio		6.77	kg/cm²			
Des. Estándar		0.25	kg/cm²			
V'm		6.52	kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

B. Diseño DC'

Tabla 43.Resultado de las roturas DC'

Diseño	Longitud		Espesor (cm)	Carga (kg)	Área Neta (cm ²)	Compresión V'm (kg/cm ²)
	L1 (cm)	L2 (cm)				
DC' 1	64.00	14.00	59.50	20791.00	2323.50	6.33
DC' 2	63.00	14.00	60.50	20557.00	2329.25	6.24
DC' 3	62.50	14.00	59.50	21258.00	2275.88	6.60
Promedio		6.39	kg/cm²			
Des. Estándar		0.19	kg/cm²			
V'm		6.20	kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Etapa VI

4.1.6.1 Diseño de vivienda en albañilería confinada empleando ladrillos PET en software ETABS

Con los resultados obtenidos, y de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificaciones E.070 – Albañilería, se procederá a analizar el esfuerzo axial máximo y su resistencia al corte por sismo severo y moderado del diseño CA' que obtuvo mejores características en los ensayos de laboratorio, aplicado a una vivienda multifamiliar de 3 niveles, cuya distribución se muestra a continuación.

Finalmente, la edificación se diseñará con el ecoladrillo que brinde un esfuerzo axial más favorable

A. Características de la vivienda

1. Datos generales

- ✓ Ubicación: Hunter - Arequipa
- ✓ Tipo de Suelo: Arena gravoso
- ✓ Uso: Vivienda
- ✓ Techo: Losa aligerada unidireccional
- ✓ Altura entre piso: 2.40m

2. Especificaciones de los materiales

a. Concreto

- ✓ Resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Módulo de elasticidad $E_c = 217370 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Módulo de Poison $\nu = 0.15$

b. Acero de refuerzo

✓ Acero corrugado $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

c. Albañilería

✓ Se emplearán Ecoladrillos PET con las siguientes características:

Tabla 44. Características del ecoladrillo

Ecoladrillos	t	f'b	f'm	V'm
	cm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
Diseño CA'	14.00	208.66	99.44	6.52
Diseño DC'	14.00	200.07	84.95	6.20

Fuente: Elaboración propia

B. Elementos estructurales y pre dimensionamiento

1. Elementos estructurales

✓ Muros de Albañilería Confinada

La edificación está compuesta por muros confinados (columnas de amarre y viga solera), cuyo diseño se realizará en base a la norma E.070 de Albañilería.

✓ Placas, Columnas y Vigas

Elementos de concreto armado ya predimensionados. No serán calculadas en este apartado; sin embargo, su peso y rigidez serán considerados en los cálculos del programa.

✓ Escaleras

Serán aisladas de la estructura principal. No serán calculadas en este apartado; sin embargo, su peso y rigidez serán considerados en los cálculos del programa.

2. Codificación de elementos

Para la estructuración se le asigno códigos a los muros en el sentido X y sentido Y, como se muestra a continuación:

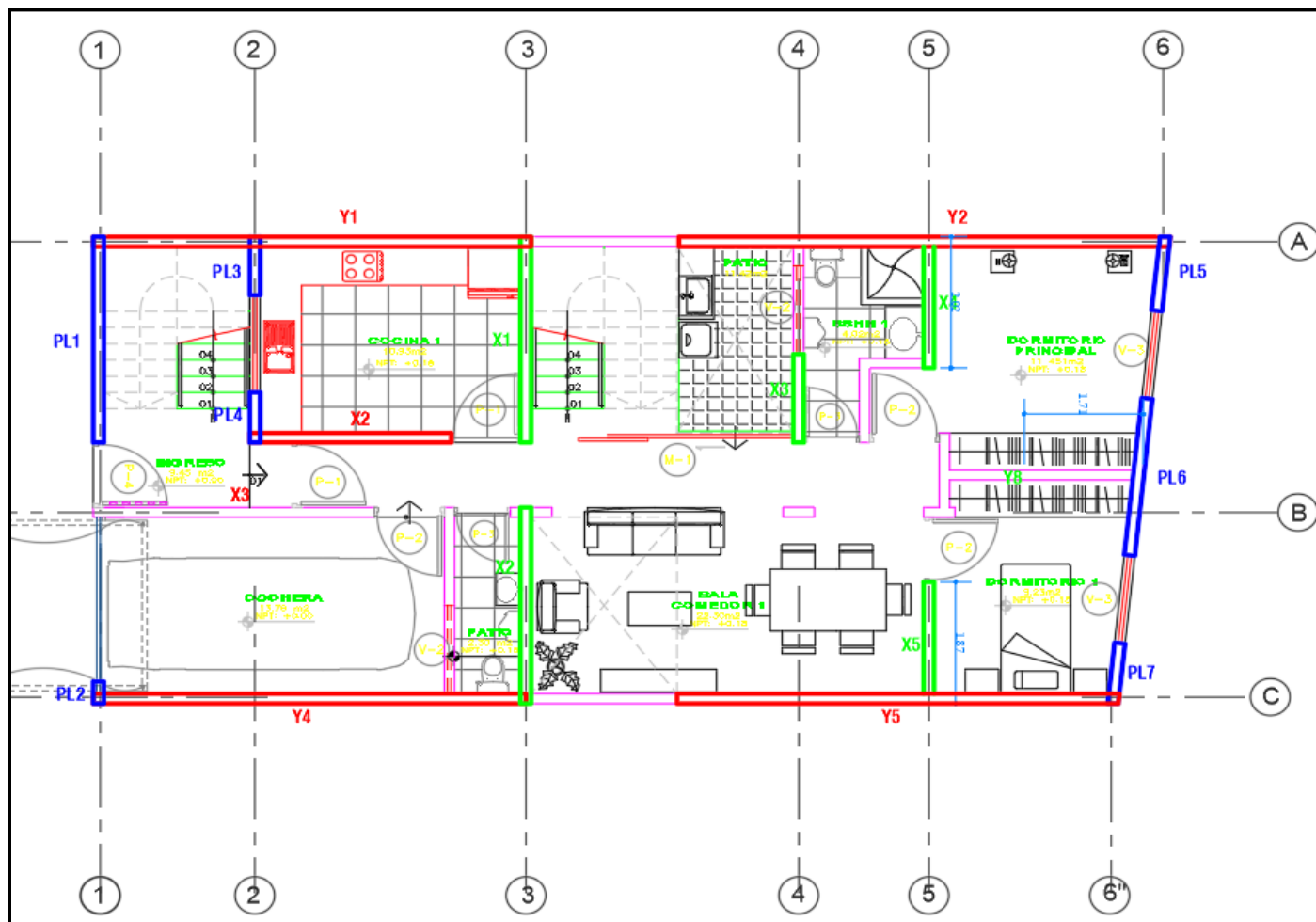


Figura 8. Codificación de elementos

Fuente: Elaboración propia

3. Pre dimensionamiento de muros

a. Espesor efectivo

Al encontrarse la vivienda en la Zona Sísmica 3, el espesor efectivo se calcula haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$t \geq \frac{h}{20}$$

Donde “h” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales.

$$t \geq \frac{2.40m}{20}$$

$$t \geq 0.12m$$

Con lo cual corroboramos la utilización de la unidad de albañilería PET cuyo espesor efectivo es de 14cm.

b. Densidad mínima de muros

Tabla 45.Densidad mínima de muros en dirección X

DIRECCIÓN X

MURO	LONGITUD "L" (m)	ESPESOR "T" (m)	L X T (m2)
X1	3.18	0.14	0.445
X2	3.03	0.14	0.424
X3	1.36	0.14	0.190
X4	2.02	0.14	0.283
X5	1.59	0.14	0.223
PL1	3.03	0.62*	1.892
PL2	0.38	0.62*	0.237
PL3	0.83	0.62*	0.515
PL4	0.70	0.62*	0.437
PL5	1.09	0.62*	0.678
PL6	2.43	0.62*	1.518
PL7	0.86	0.62*	0.537

Fuente: Elaboración propia

* Espesor equivalente de la placa de concreto

Tabla 46. Espesor equivalente

$f'c=$	210	kg/cm²
$f'm=$	99.44	kg/cm ²
$E_c=$	217370.7	kg/cm ²
$E_m=$	69608	kg/cm ²
$n=$	3.122783	
$t_{placa}=$	0.2	
$t_m=$	0.62	(*)

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$$E_c = 15000 \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$E_m = 500 \cdot f'_m$$

$$n = \frac{E_c}{E_m}$$

$$t_m = t_c \cdot n$$

Tabla 47. Densidad mínima de muros en dirección Y

DIRECCIÓN Y			
MURO	LONGITUD "L" (m)	ESPESOR "T" (m)	L X T (m ²)
Y1	6.15	0.14	0.861
Y2	7.08	0.14	0.991
Y3	2.90	0.14	0.406
Y4	6.15	0.14	0.861
Y5	6.35	0.14	0.889

Fuente: Elaboración propia

$$\sum L \cdot t = 4.008$$

$$Z \cdot U \cdot S \cdot N = 1.208$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.0368$$

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.0216$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} \quad \text{SÍ CUMPLE}$$

C. Determinación de cargas

1. Carga muerta

a. Peso volumétrico

- Concreto Armado 2400 kg/m³
- Albañilería PET 1700 kg/m³

b. Muros

- Albañilería Soga $1.7 \times 0.14 = 238$ kg/m²

c. Sobrecarga

- Piso Terminado 100 kg/m²
- Tabiquería Móvil Azotea 75 kg/m²
- Tabiquería Móvil Entrepiso 100 kg/m²
- Instalaciones en general 50 kg/m²

2. Carga viva

a. Piso típico

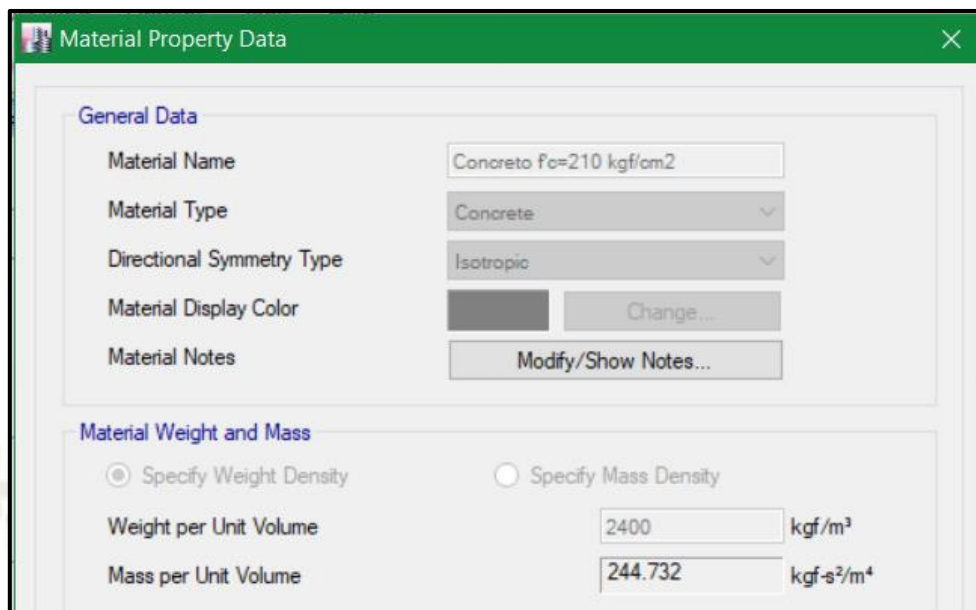
- Vivienda (Entrepiso) 200 kg/m²
- Vivienda (Azotea) 150 kg/m²

D. Modelamiento y diseño en software ETABS

1. Definición de materiales

a. **Definición Concreto:** Procedemos a ingresar los datos del concreto

$$f'c=210 \text{ kg/cm}^2.$$



Material Property Data

General Data

Material Name: Concreto $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

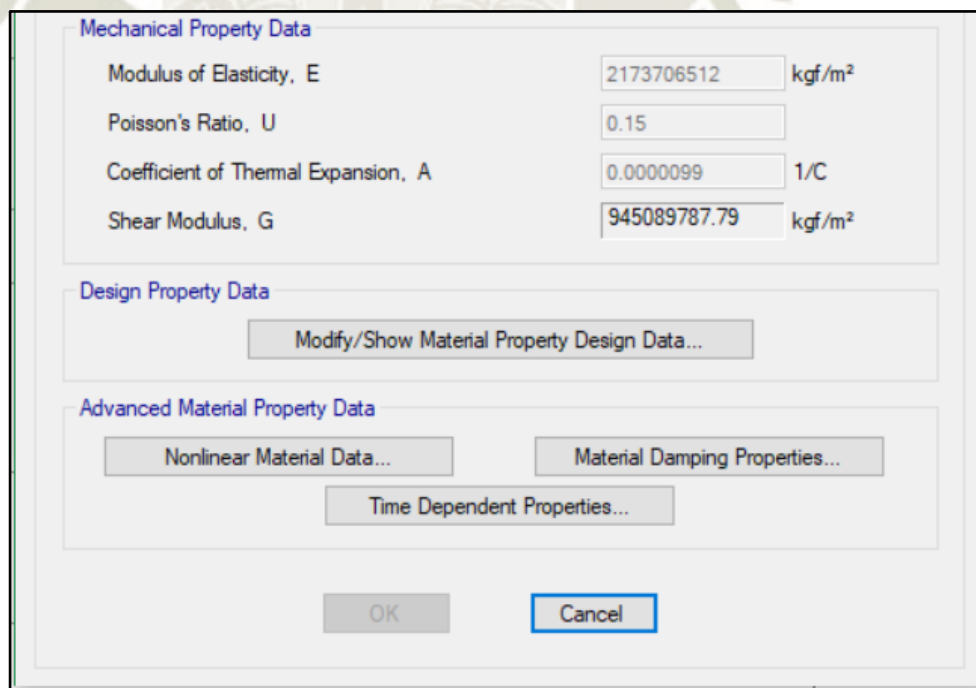
☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2400 kgf/m^3

Mass per Unit Volume: 244.732 $\text{kgf-s}^2/\text{m}^4$

Figura 9. Datos del concreto-parte 1

Fuente: Software ETABS



Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2173706512 kgf/m^2

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 $1/\text{C}$

Shear Modulus, G: 945089787.79 kgf/m^2

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 10. Datos del concreto-parte 2

Fuente: Software ETABS

- b. **Definición Acero:** Procedemos a ingresar los datos del acero $f_y=4200$ kg/cm².

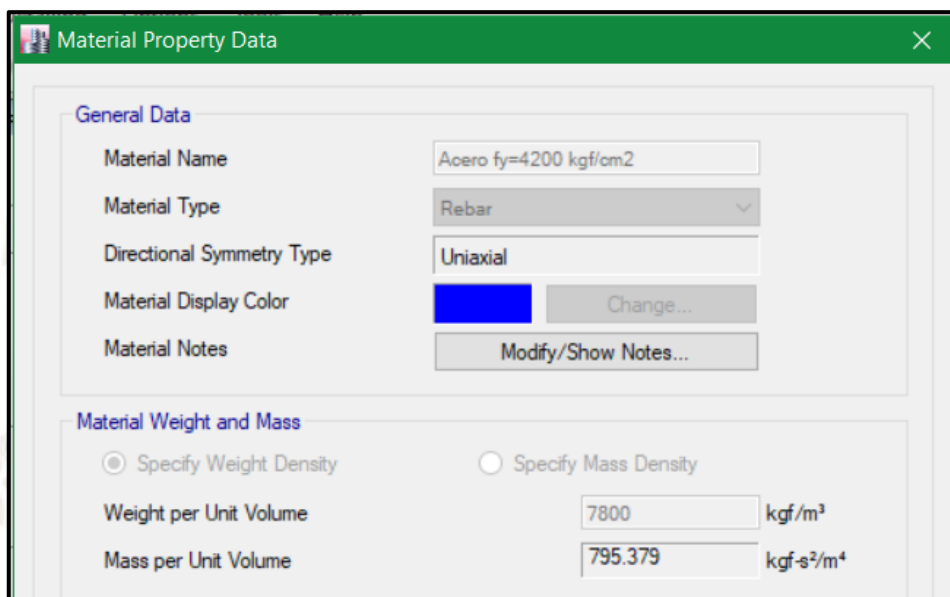


Figura 11. Datos del acero-parte 1

Fuente: Software ETABS

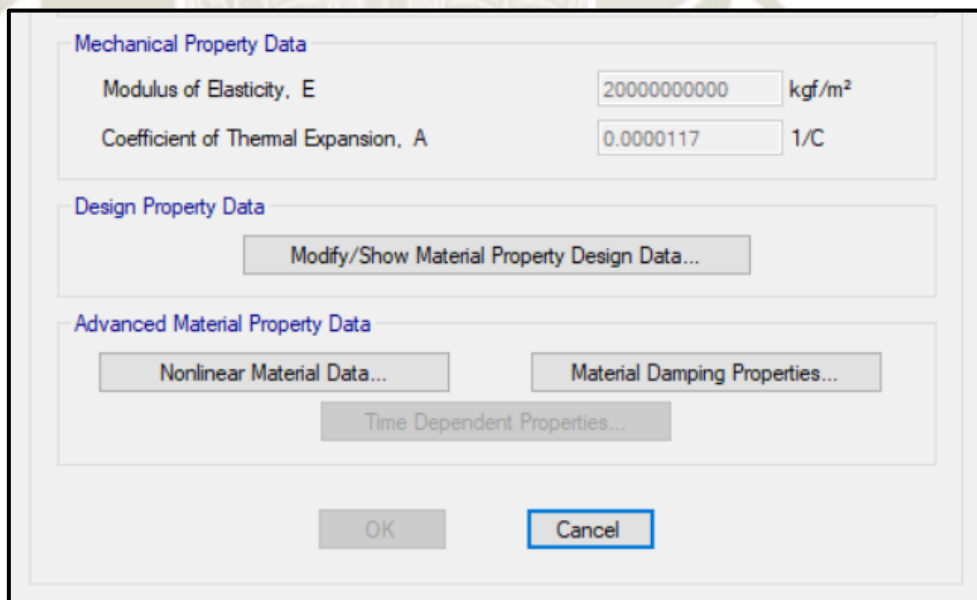
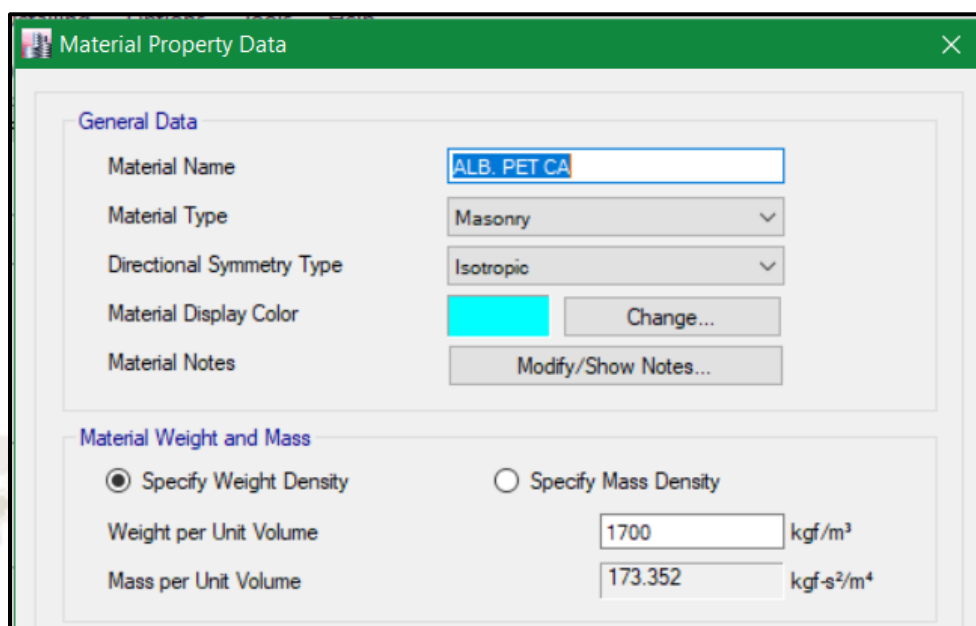


Figura 12. Datos del acero-parte 2

Fuente: Software ETABS

- c. **Definición Albañilería PET:** Procedemos a ingresar los datos de la albañilería acero $f_m=99.44 \text{ kg/cm}^2$.



Material Property Data

General Data

Material Name: ALB. PET CA

Material Type: Masonry

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

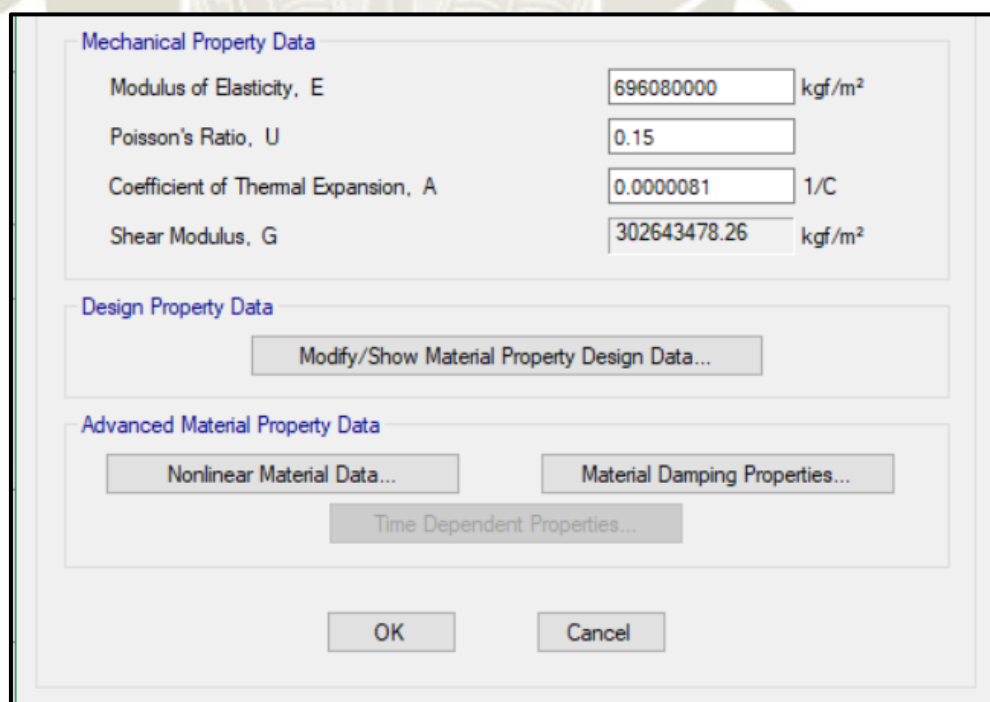
☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 1700 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 173.352 kgf-s²/m⁴

Figura 13. Datos de albañilería-parte 1

Fuente: Software ETABS



Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 696080000 kgf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000081 1/C

Shear Modulus, G: 302643478.26 kgf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 14. Datos de albañilería-parte 2

Fuente: Software ETABS

2. Definición de secciones y propiedades

- a. **Definición Columnas de Concreto:** Con el material de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ definimos la sección de las columnas (0.15 x 0.45 m).

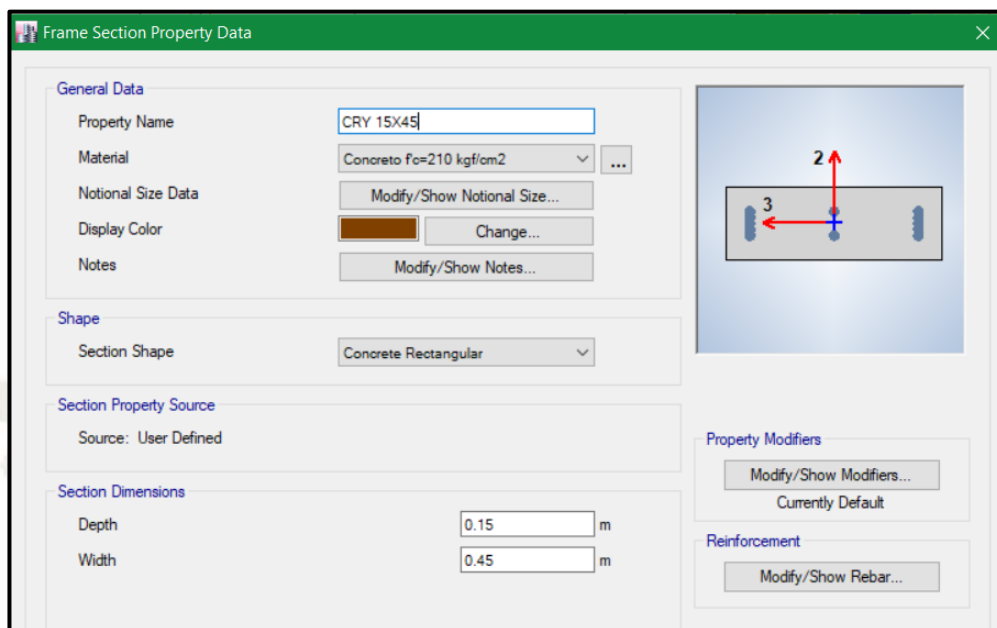


Figura 15. Secciones de columnas-parte 1

Fuente: Software ETABS

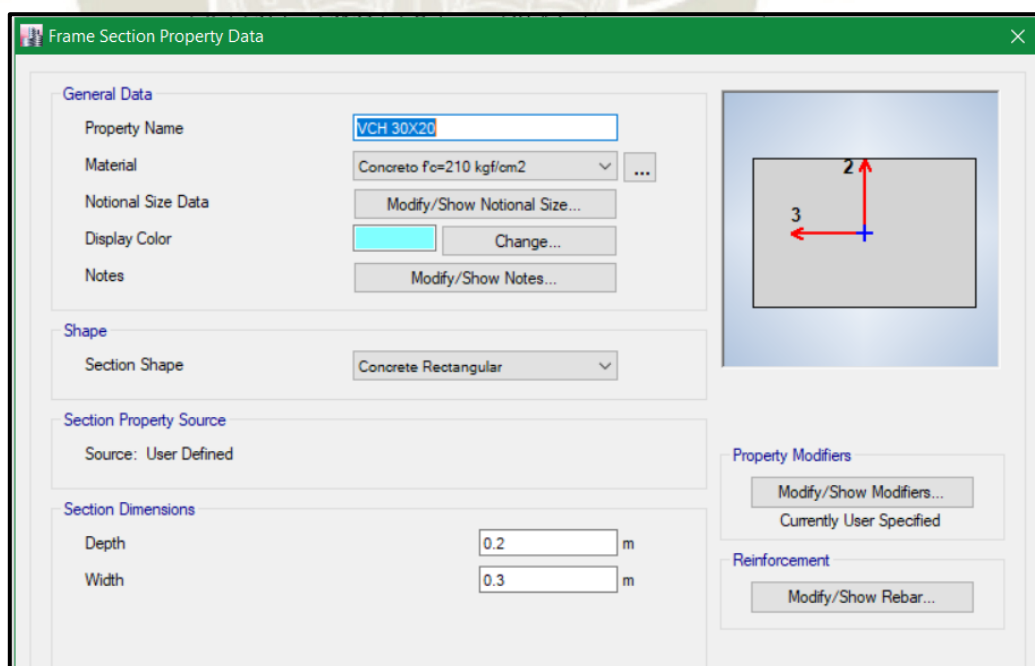


Figura 16. Sección de columnas-parte 2

Fuente: Software ETABS

- b. Definición Vigas de Concreto:** Con el material de concreto $f'c=210$ kg/cm² definimos la sección de las vigas.

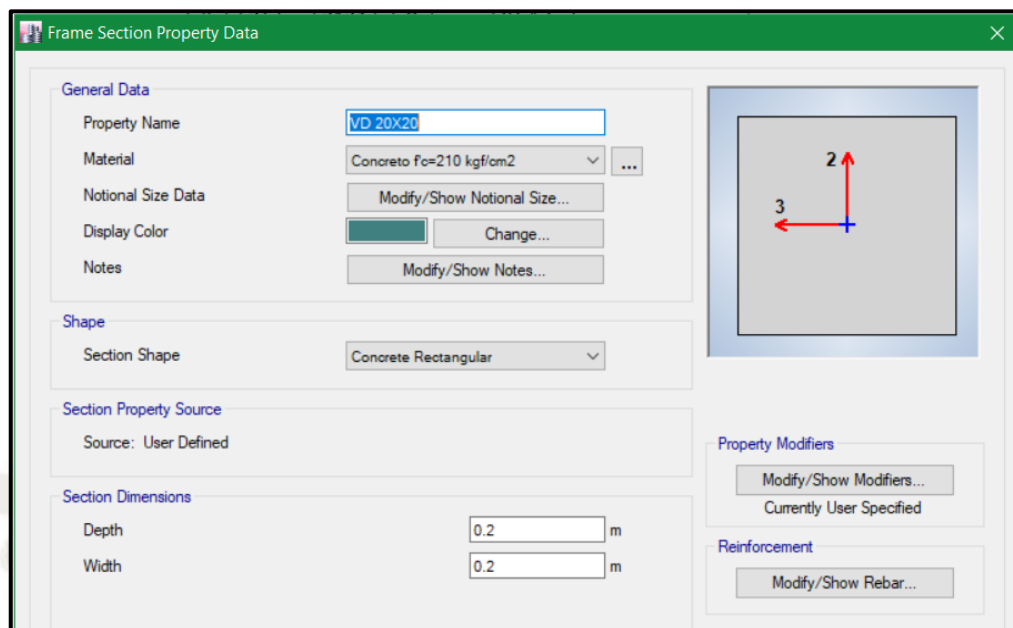


Figura 17. Viga Dintel 0.20x0.20m

Fuente: Software ETABS

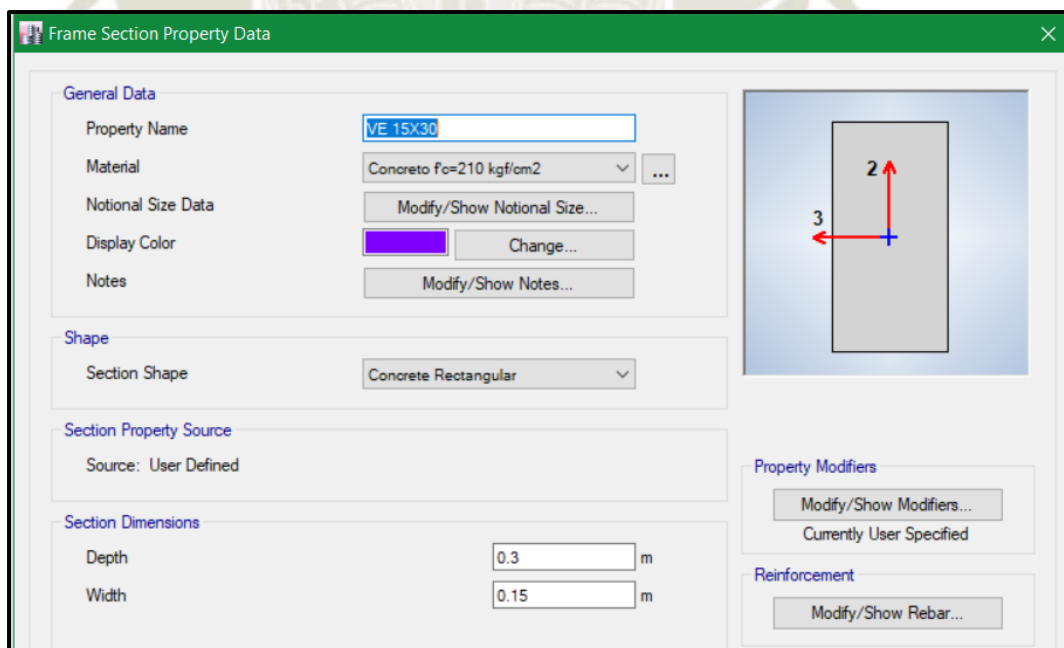


Figura 18. Viga descanso escalera 0.15x0.30m

Fuente: Software ETABS

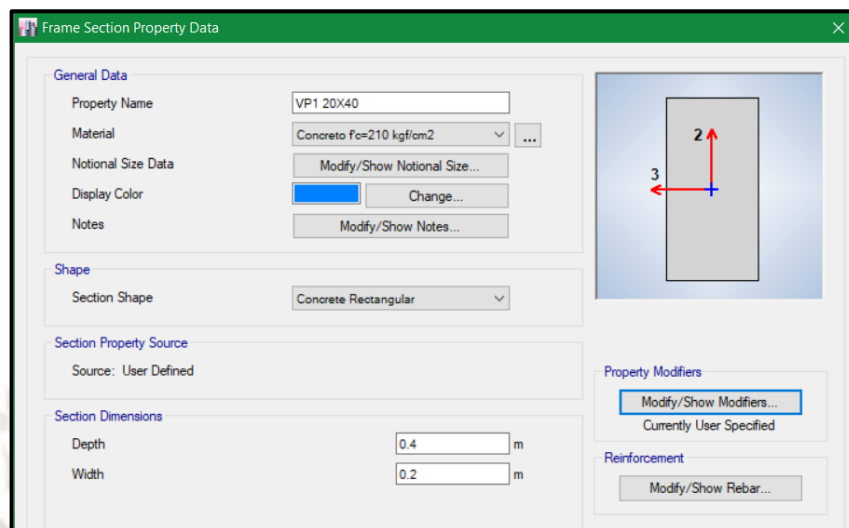


Figura 19. Vigas principales VP1(0.2x0.4m), VP2 (0.2x0.35m) y
VP3 (0.2x0.3m)

Fuente: Software ETABS

c. **Definición de losa:** Con el material de concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ definimos la losa maciza.

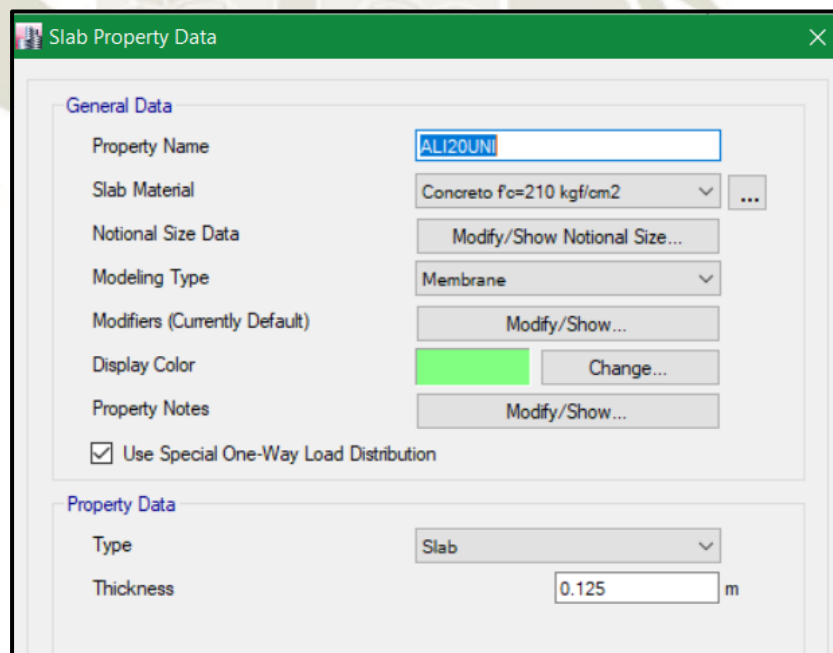
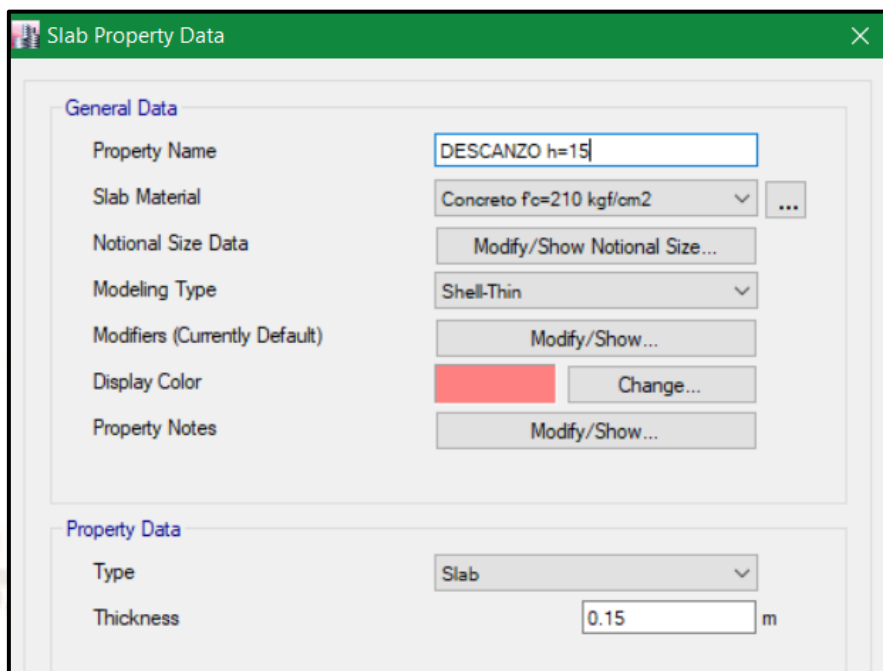


Figura 20. Losa maciza

Fuente: Software ETABS



Slab Property Data

General Data

Property Name: DESCANZO h=15

Slab Material: Concreto f'c=210 kgf/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: [Red] Change...

Property Notes: Modify/Show...

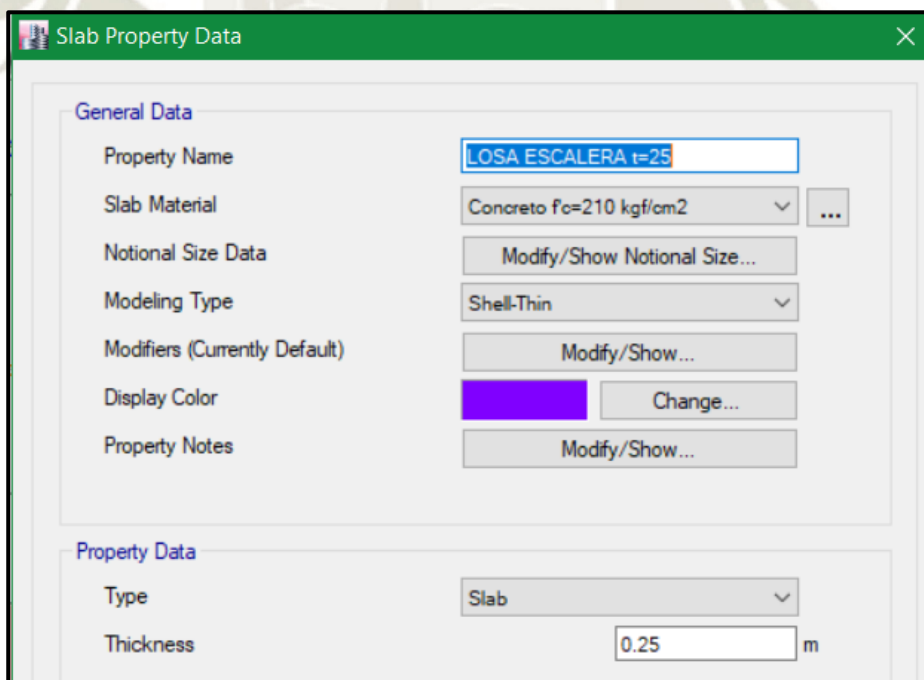
Property Data

Type: Slab

Thickness: 0.15 m

Figura 21. Losa de descanso de escalera espesor $h=0.15\text{m}$

Fuente: Software ETABS



Slab Property Data

General Data

Property Name: LOSA ESCALERA t=25

Slab Material: Concreto f'c=210 kgf/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: [Purple] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Slab

Thickness: 0.25 m

Figura 22. Losa rampa de escalera espesor $h=0.25\text{m}$

Fuente: Software ETABS

d. Definición de Muro en Soga: Con el material de ladrillo PET

$f_m = 99.44 \text{ kg/cm}^2$ definimos el muro en aparejo de soga.

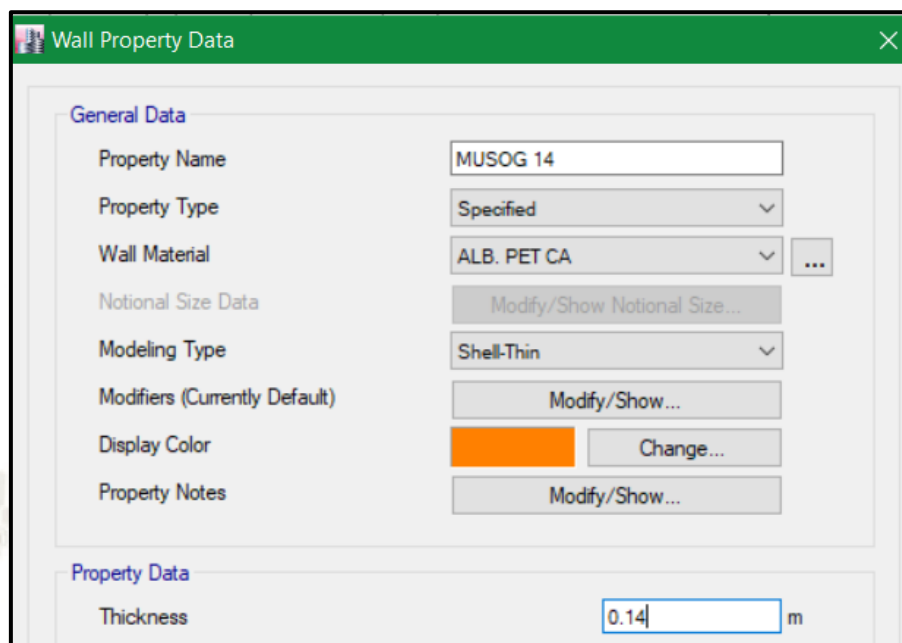


Figura 23. Muro en soga

Fuente: Software ETABS

3. Gráfica de modelo

Con los elementos ya definidos, procedemos con el modelamiento de la vivienda en el programa ETABS.

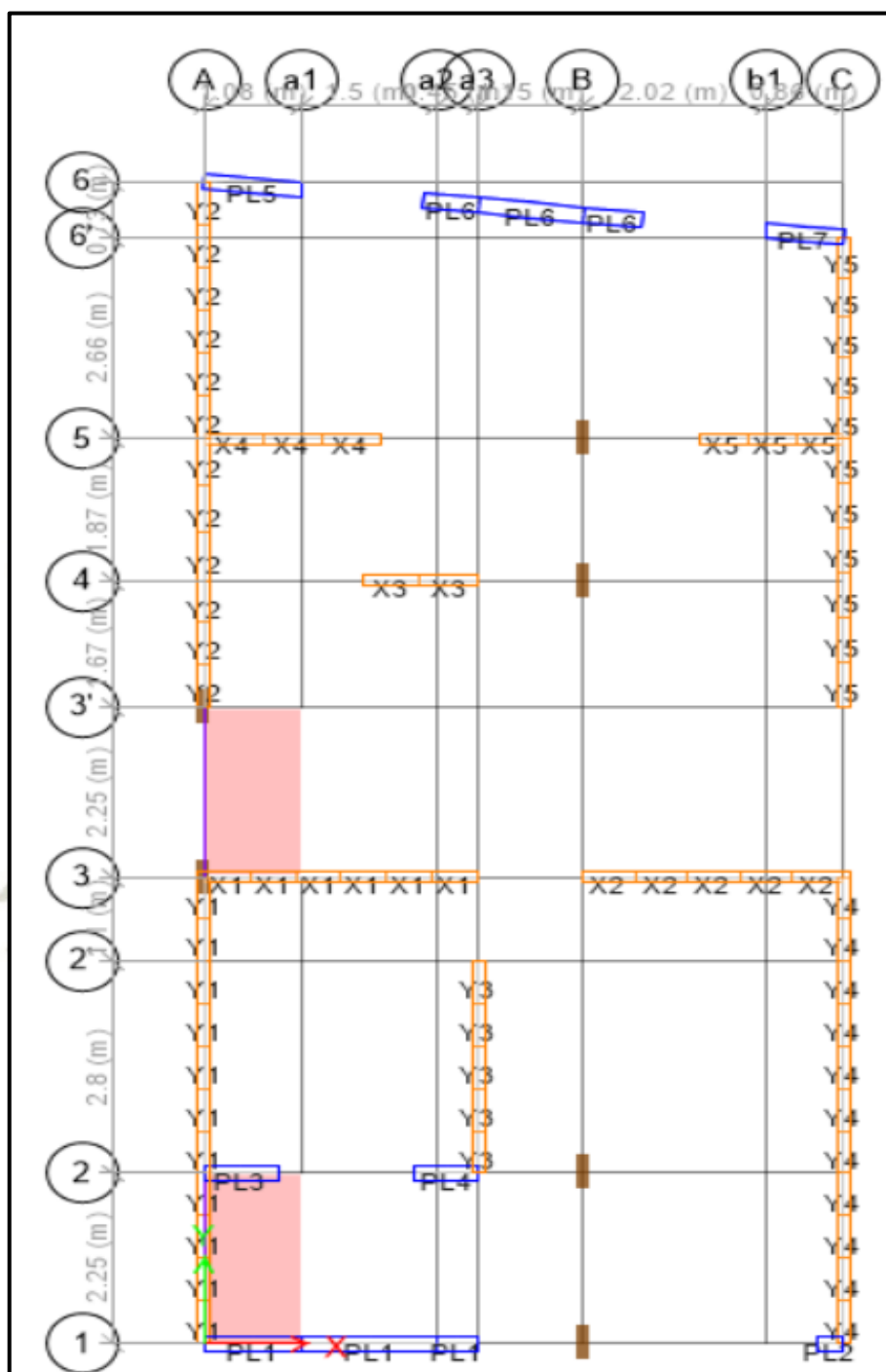


Figura 24. Vista en planta modelado de vivienda

Fuente: Software ETABS

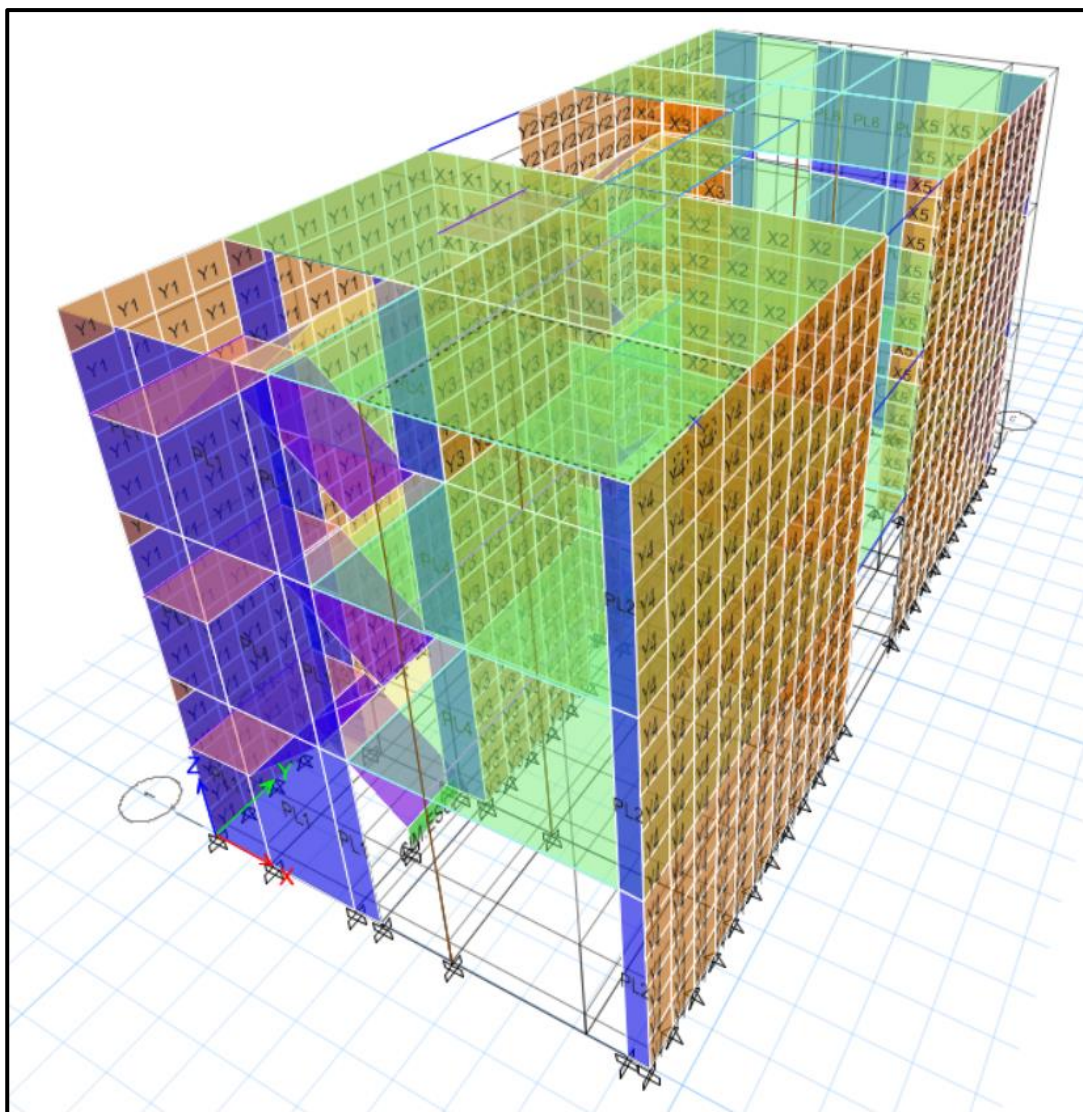


Figura 25. Vista en 3D modelado de vivienda

Fuente: Software ETABS

4. Asignación de cargas y combinaciones

- a. **Asignación de cargas:** En el programa asignamos el valor de la carga muerta y viva sobre las losas.

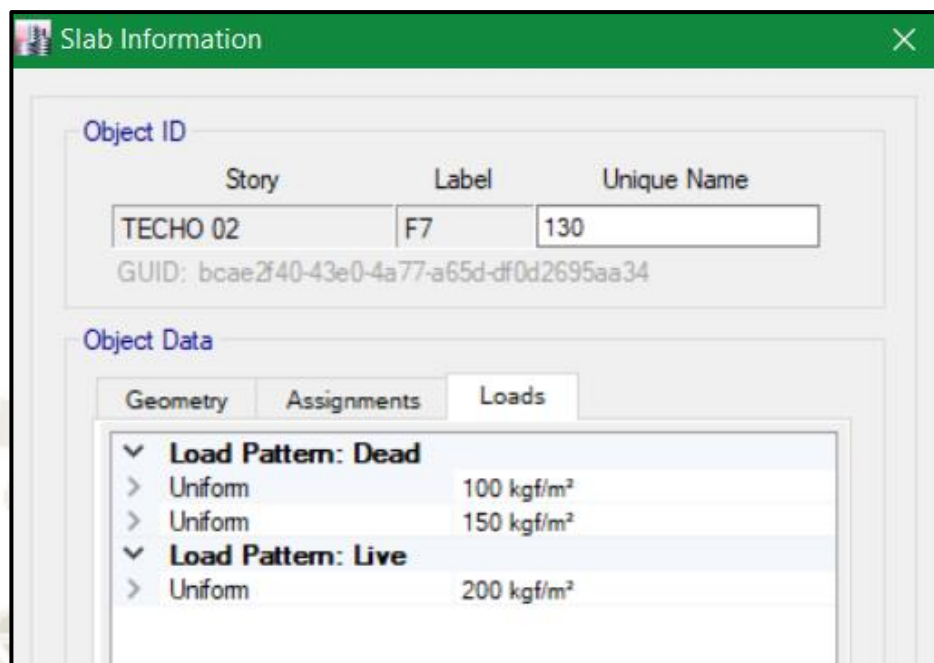


Figura 26. Valores de carga muerta y viva

Fuente: Software ETABS

Luego se definieron los patrones de carga, tanto para la Carga muerta, viva y sísmica:

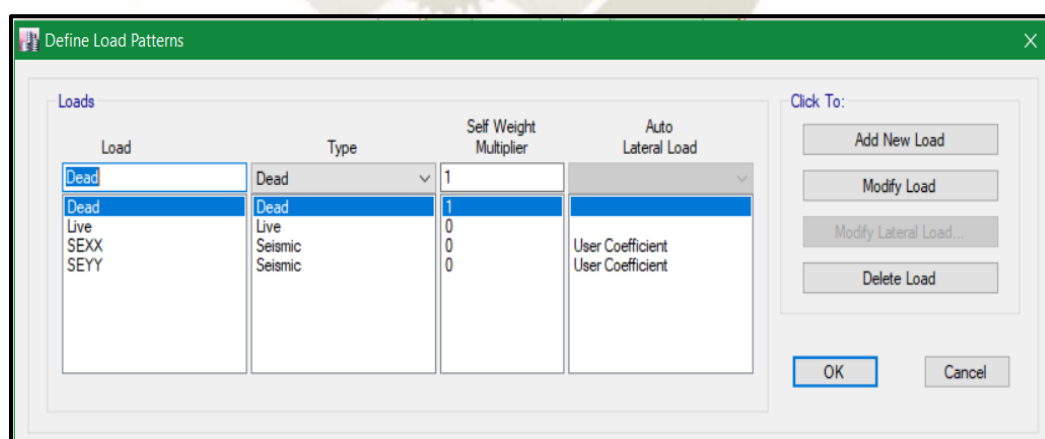


Figura 27. Patrones para la carga muerta, viva y sísmica

Fuente: Software ETABS

En el caso del patrón de cargas para el sismo consideramos el 5% de excentricidad accidental, siguiendo las recomendaciones de la Norma E. 030.

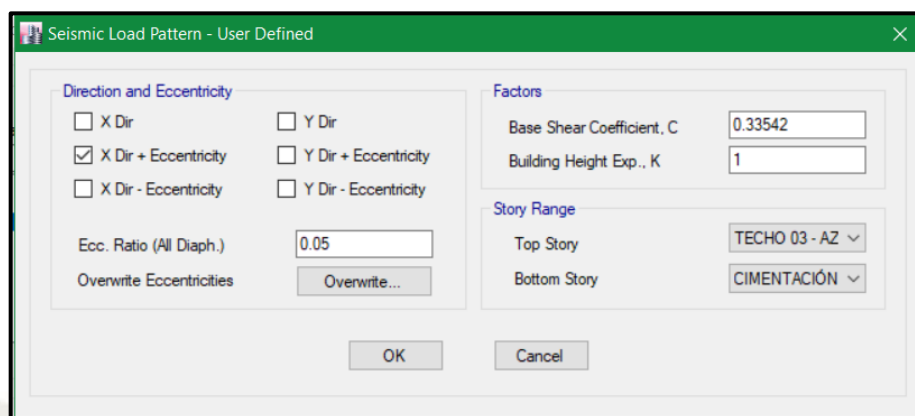


Figura 28. Excentricidad accidental

Fuente: Software ETABS

b. Combinación de cargas

Realizamos la Combinación de Cargas según lo indicado en la Norma E. 030.

- $P_g = 100\% \text{ CM} + 25\% \text{ CV}$
- $P_m = 100\% \text{ CM} + 100\% \text{ CV}$
- Sismo Moderado en X, Y
- Sismo Severo en X, Y

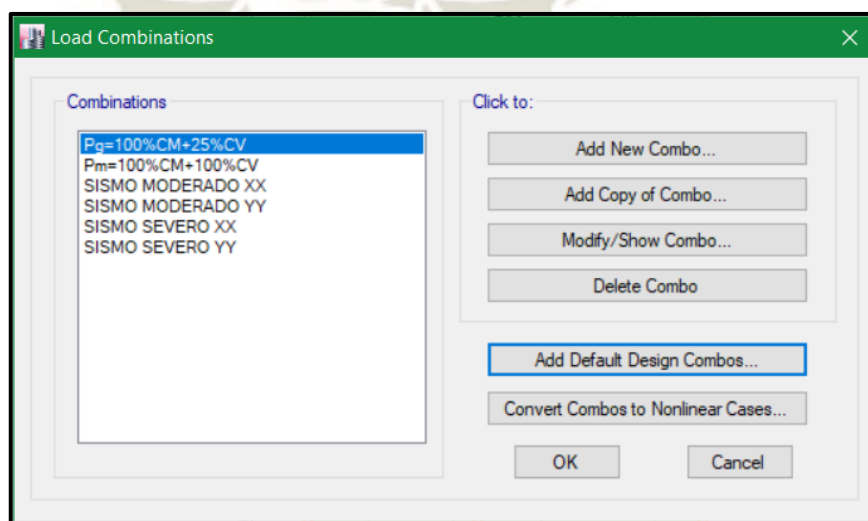


Figura 29. Combinación de cargas

Fuente: Software ETABS

E. Verificación por esfuerzo axial máximo

1. Esfuerzo axial máximo

El esfuerzo axial máximo se calcula con la siguiente fórmula y se deberá considerar inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 \cdot t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m$$

Donde:

- ✓ σ_m = Esfuerzo axial máximo
- ✓ P_m = Carga de gravedad máxima de servicio
- ✓ L = Longitud total del muro
- ✓ f'_m = Resistencia característica a compresión axial de la albañilería

a. Primer nivel

Tabla 48. Esfuerzo axial del primer nivel

MURO	L (m)	t (m)	Pm (kg)	σ_m (kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ $0.15f_m$		ESFUERZO AXIAL MÁXIMO (kg/cm ²)	VERIFICACIÓN DE ESFUERZO AXIAL MÁXIMO
					(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		
X1	3.18	0.14	18007.70	4.04	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
X2	3.03	0.14	18996.00	4.48	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
X3	1.36	0.14	11966.90	6.29	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
X4	2.02	0.14	9134.60	3.23	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
X5	1.59	0.14	5992.60	2.69	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y1	6.15	0.14	18944.00	2.20	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y2	7.08	0.14	22211.80	2.24	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y3	2.90	0.14	14328.40	3.53	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y4	6.15	0.14	31036.90	3.60	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y5	6.35	0.14	25474.30	2.87	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto

Fuente: Elaboración propia

b. Segundo nivel

Tabla 49. Esfuerzo axial del segundo nivel

MURO	L (m)	t (m)	Pm (kg)	σ_m (kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15f_m$ (kg/cm ²)	ESFUERZO AXIAL MÁXIMO (kg/cm ²)	VERIFICACIÓN DE ESFUERZO AXIAL MÁXIMO
X1	3.18	0.14	17991.90	4.04	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
X2	3.03	0.14	18792.20	4.43	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
X3	1.36	0.14	11957.30	6.28	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
X4	2.02	0.14	9219.90	3.26	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
X5	1.59	0.14	5959.50	2.68	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y1	6.15	0.14	18643.30	2.17	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y2	7.08	0.14	22158.90	2.24	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y3	2.90	0.14	14453.20	3.56	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y4	6.15	0.14	31744.80	3.69	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto
Y5	6.35	0.14	25724.60	2.89	13.394	14.916	13.394	Muro Correcto

Fuente: Elaboración propia

c. Tercer nivel

Tabla 50. Esfuerzo axial del tercer nivel

MURO	L (m)	t (m)	Pm (kg)	σ_m (kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (kg/cm ²)	$0.15f_m$ (kg/cm ²)	ESFUERZO AXIAL MÁXIMO (kg/cm ²)	VERIFICACIÓN DE ESFUERZO AXIAL MÁXIMO
X1	3.18	0.14	3093.10	0.69	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto
X2	3.03	0.14	4775.00	1.13	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto
X3	1.36	0.14	3780.80	1.99	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto
X4	2.02	0.14	1825.50	0.65	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto
X5	1.59	0.14	1315.60	0.59	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto
Y1	6.15	0.14	5187.00	0.60	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto
Y2	7.08	0.14	7293.90	0.74	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto
Y3	2.90	0.14	3515.20	0.87	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto
Y4	6.15	0.14	9374.20	1.09	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto
Y5	6.35	0.14	7505.90	0.84	15.117	14.916	14.916	Muro Correcto

Fuente: Elaboración propia

F. Análisis sísmico estático

1. Modos de vibración

De la tabla “Modal Participating Mass Ratios”, obtenemos los desplazamientos en X y Y, así como la rotación en Z para los 9 modos de vibración. Verificamos que los resultados se encuentren en los modos correctos.

Tabla 51. Factor masa participativa

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ
Modal	1	0.135	0.7461	0.0000	0.0299
Modal	2	0.087	0.0108	0.4975	0.3199
Modal	3	0.069	0.0124	0.3735	0.4535
Modal	4	0.033	0.1811	0.0000	0.0063
Modal	5	0.027	0.0006	0.1097	0.0234
Modal	6	0.021	0.0083	0.0080	0.1299
Modal	7	0.016	0.0025	0.0078	0.0011
Modal	8	0.015	0.0326	0.0005	0.0028
Modal	9	0.014	0.0013	0.0001	0.0010

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, obtenemos los siguientes periodos:

Tabla 52. Periodos

Orientación	Period sec
TUX=	0.135
TUY=	0.087
TRZ=	0.069

Fuente: Elaboración propia

De la tabla “Story Forces” obtenemos el peso de la edificación:

Tabla 53. Peso de la edificación

PESO DE LA EDIFICACIÓN

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX
			tonf	tonf
TECHO 03 - AZOTEA	PESO=100%CM+25%CV	Bottom	95.5962	0
TECHO 02	PESO=100%CM+25%CV	Bottom	198.1522	0
TECHO 01	PESO=100%CM+25%CV	Bottom	310.8917	0

Fuente: Elaboración propia

2. Cálculo de la cortante estática

a. Parámetros

De acuerdo al perfil de la ubicación de la vivienda, se establecen los valores de S , T_p y T_L , considerando las Tablas N°3 y N°4 de la Norma Técnica E.030

Tabla 54. Factor de suelo “S”

FACTOR DE SUELO "S"					
ZONA	SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
	Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
	Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
	Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
	Z_1	0.80	1.00	1.6	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Periodos " T_p " Y " T_L "

PERIODOS " T_p " Y " T_L "					
ZONA	SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
	$T_p(s)$	0.30	0.40	0.60	1.00
	$T_L(s)$	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Elaboración propia

b. Factor de amplificación sísmica

De acuerdo a los parámetros de sitio S , T_p y T_L , se define el factor C de amplificación sísmica, considerando:

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Donde:

C = Factor de Amplificación Sísmica

T = Período

T_p y T_L = Parámetros de sitio

c. Coeficiente sísmico y cortante estática

Cortante estática en XX:

Tabla 56. Valores calculados

TUX=	0.135
Z=	0.35
U=	1
S=	1.15
C=	2.5
TP=	0.6
TL=	2.0
Rx=	3.00
Roxlaxlp=	
Ro=	3
la=	1.0
lp=	1.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Cálculo de la cortante estática en XX

Peso de la edificación: 310.89 tonf
P

Coefficiente Sísmico: 0.33542

$$VE = \frac{ZUCS}{R}$$

Cortante Estática: 104.28 tonf

$$VEXX = VE \cdot P$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Verificación

C/R > 0.11 0.833 **E0.30** **OK**
K= 1.0 **< 2.0** **OK**

Fuente: Elaboración propia

Cortante estática en YY:

Tabla 59. Valores calculados

TUY= **0.087**

Z= 0.35

U= 1

S= 1.15

C= 2.5

TP= 0.6

TL= 2.0

Ry= 3.00

Roxlaxlp=

Ro= 3

la= 1.0

lp= 1.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Cálculo de la cortante estática en YY

Peso de la edificación:	310.89 tonf
P	
Coefficiente Sísmico:	0.33542
$VE = \frac{ZUCS}{R}$	
Cortante Estática:	104.28 tonf
$VEXX = VE \cdot P$	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Verificación

C/R > 0.11	0.833	E0.30	OK
K=	1.0	< 2.0	OK

Fuente: Elaboración propia

3. Distribución en altura del cortante sísmico

Para cada nivel i , se calcula bajo las siguientes fórmulas:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j \cdot (h_j)^k}$$

Donde:

n = número de pisos del edificio

K = exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T)

✓ Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.

✓ Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$

a. Dirección XX

Tabla 62. Valores en la dirección XX

VEXX=	104.28 ton
Tx=	0.135 s
k=	1.0
Longitud Total DY=	15.50 m
Excentricidad Eaccy=	0.775 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Dirección XX

NIVEL	PESO POR NIVEL (tonf)	Alturas Acum. (m)	$P_i \cdot h_i^k$	α_i	F_i (ton)	M por Excent. (tonf*m)
TECHO 03 - AZOTEA	95.596	7.80	745.6504	0.4743	49.46	38.332
TECHO 02	102.556	5.20	533.2912	0.3392	35.37	27.415
TECHO 01	112.740	2.60	293.1227	0.1865	19.44	15.069
Σ	310.892		1572.064	1.0	104.28	

Fuente: Elaboración propia

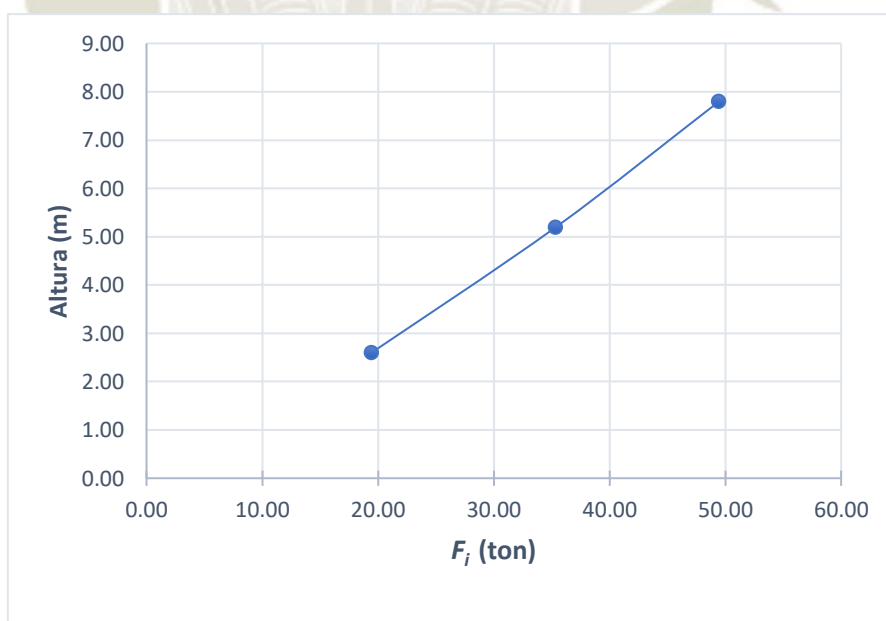


Figura 30. Gráfica Altura x F_i de la dirección XX

Fuente: Elaboración propia

b. Dirección YY

Tabla 64. Valores en la dirección YY

VEXX=	104.28 ton
Ty=	0.087 seg
k=	1.0
Longitud Total DX=	7.20 m
Excentricidad Eaccy=	0.360 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Dirección YY

NIVEL	PESO POR NIVEL (tonf)	Alturas Acum. (m)	$P_i \cdot h_i^k$	α_i	F_i (ton)	M por Excent. (tonf*m)
TECHO 03 - AZOTEA	95.596	7.80	745.65036	0.4743	49.46	17.806
TECHO 02	102.556	5.20	533.2912	0.3392	35.37	12.735
TECHO 01	112.740	2.60	293.1227	0.1865	19.44	7.000
Σ	310.892		1572.064	1.0	104.28	

Fuente: Elaboración propia

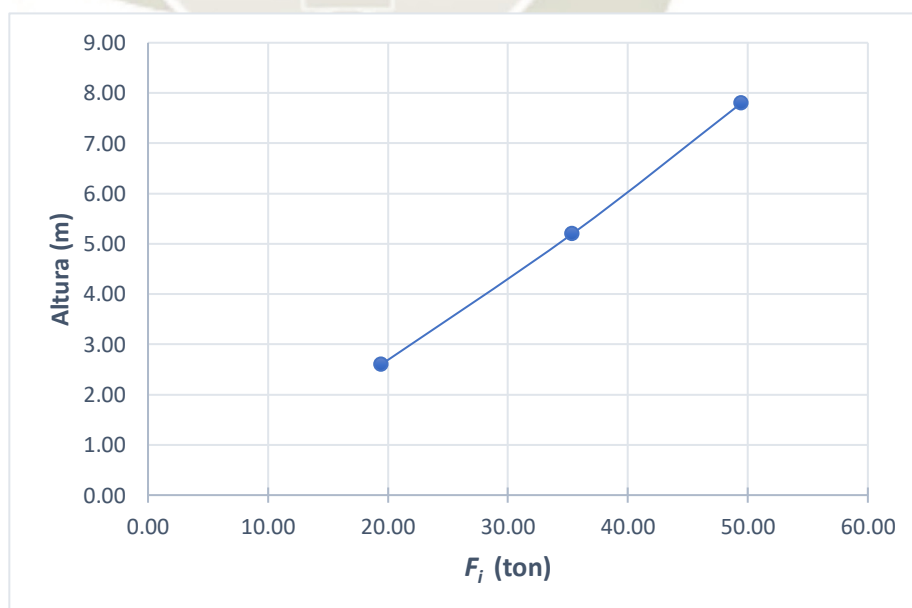


Figura 31. Gráfica Altura x F_i de la dirección YY

Fuente: Elaboración propia

G. Análisis dinámico modal espectral

1. Espectro dinámico de pseudo aceleraciones

En el análisis dinámico, determinamos el espectro dinámico de pseudo aceleraciones, el cual se empleará en el Software ETABS.

Empleamos la fórmula indicada en la Norma E. 030:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} \times g$$

Tabla 66. Datos para la fórmula de la Norma E. 030

Zona Sísmica =	Z3
Perfil de Suelo =	S2
Categoría =	C
Z=	0.35
U=	1.0
S=	1.15
TP=	0.6
TL=	2.0
Rx=	3
Rox	3
Iax	1.00
Ipx	1.00
Ry=	3
Roy	3
Iay	1.00
Ipy	1.00
FACTOR=(ZUS/R)*g	1.31618
FACTOR=(ZUS/R)*g	1.31618

Fuente: Elaboración propia

Con los datos procedemos a graficar nuestro espectro:

Tabla 67. Datos para espectro

T (s)	C	Sa-XX	Sa-YY
0.0	2.50	3.290438	3.290438
0.1	2.50	3.290438	3.290438
0.2	2.50	3.290438	3.290438
0.3	2.50	3.290438	3.290438
0.4	2.50	3.290438	3.290438
0.5	2.50	3.290438	3.290438
0.6	2.50	3.290438	3.290438
0.7	2.142857	2.820375	2.820375
0.8	1.875000	2.467828	2.467828
0.9	1.666667	2.193625	2.193625
1.0	1.500000	1.974263	1.974263
1.1	1.363636	1.794784	1.794784
1.2	1.250000	1.645219	1.645219
1.3	1.153846	1.518663	1.518663
1.4	1.071429	1.410188	1.410188
1.5	1.000000	1.316175	1.316175
1.6	0.937500	1.233914	1.233914
1.7	0.882353	1.161331	1.161331
1.8	0.833333	1.096813	1.096813
1.9	0.789474	1.039086	1.039086
2.0	0.750000	0.987131	0.987131
2.1	0.680272	0.895357	0.895357
2.2	0.619835	0.815811	0.815811
2.3	0.567108	0.746413	0.746413
2.4	0.520833	0.685508	0.685508
2.5	0.480000	0.631764	0.631764
2.6	0.443787	0.584101	0.584101
2.7	0.411523	0.541636	0.541636

2.8	0.382653	0.503638	0.503638
2.9	0.356718	0.469504	0.469504
3.0	0.333333	0.438725	0.438725
3.1	0.312175	0.410877	0.410877
3.2	0.292969	0.385598	0.385598
3.3	0.275482	0.362583	0.362583
3.4	0.259516	0.341568	0.341568
3.5	0.244898	0.322329	0.322329
3.6	0.231481	0.304670	0.304670
3.7	0.219138	0.288424	0.288424
3.8	0.207756	0.273444	0.273444
3.9	0.197239	0.259601	0.259601
4.0	0.187500	0.246783	0.246783
4.1	0.178465	0.234891	0.234891
4.2	0.170068	0.223839	0.223839
4.3	0.162250	0.213549	0.213549
4.4	0.154959	0.203953	0.203953
4.5	0.148148	0.194989	0.194989
4.6	0.141777	0.186603	0.186603
4.7	0.135808	0.178747	0.178747
4.8	0.130208	0.171377	0.171377
4.9	0.124948	0.164453	0.164453
5.0	0.120000	0.157941	0.157941

Fuente: Elaboración propia

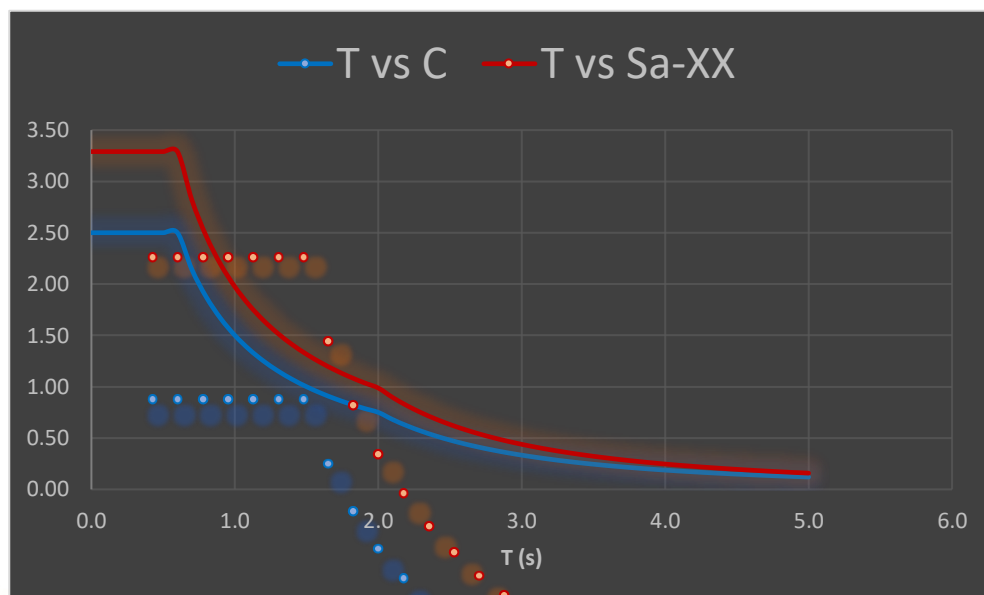


Figura 32. Espectro en dirección XX

Fuente: Elaboración propia

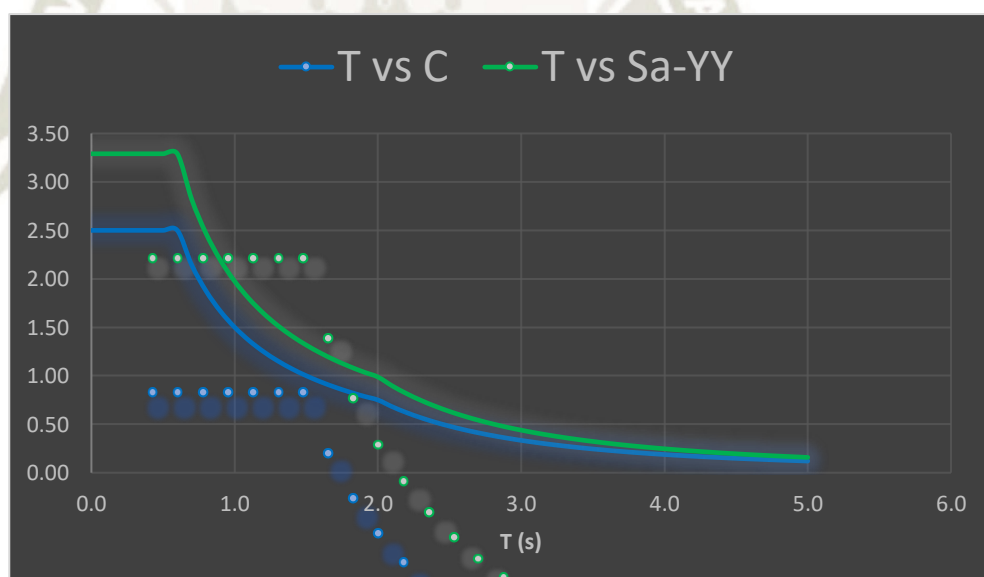


Figura 33. Espectro en dirección YY

Fuente: Elaboración propia

Al momento de insertar al ETABS ingresamos el considerando un espectro en relación T vs C, y consideramos a $\left(\frac{Z \cdot U \cdot S}{R}\right) \times R$ como una constante que se ingresara en los casos de carga en sismo dinámico tanto para x como en y.

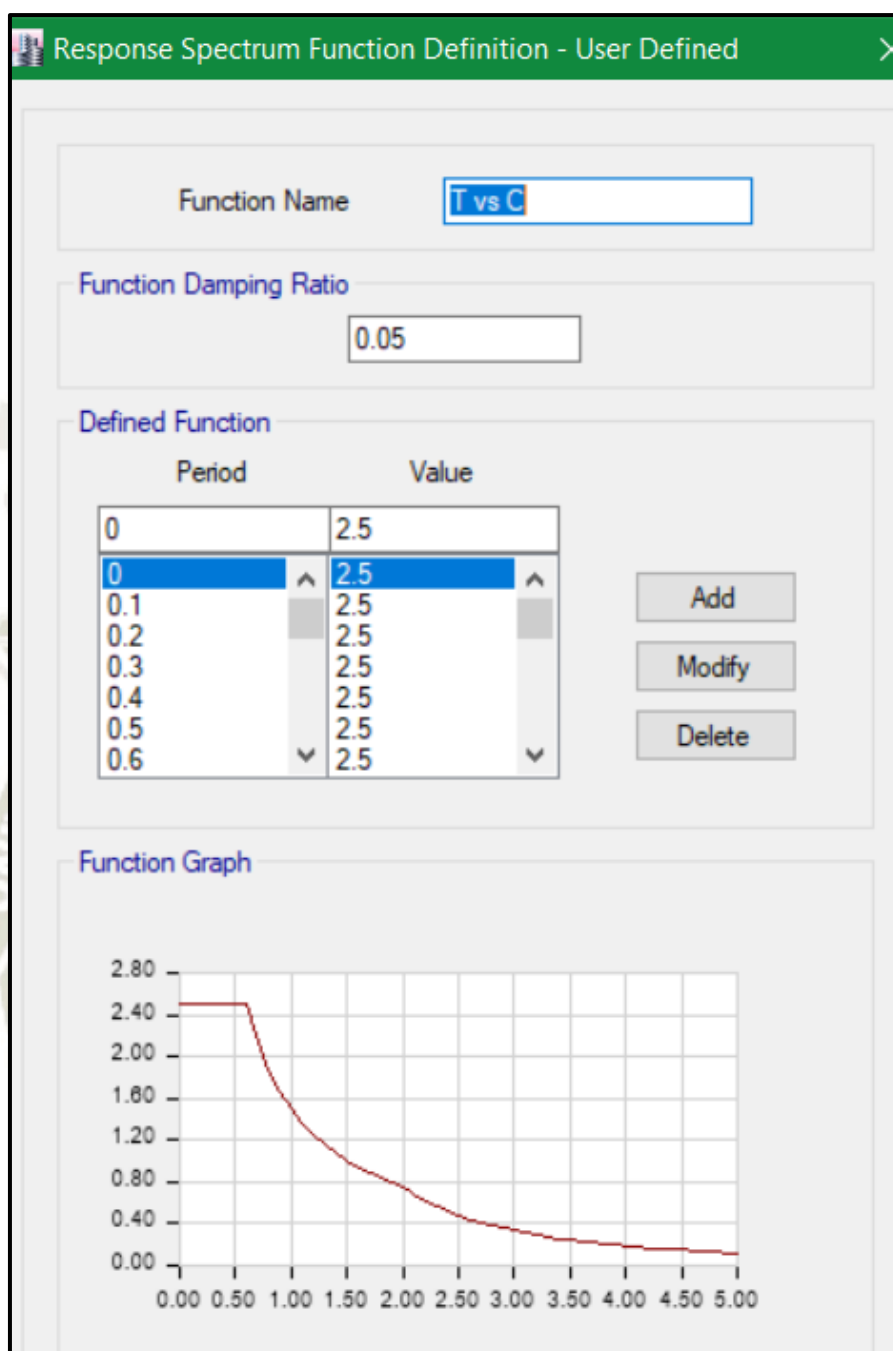
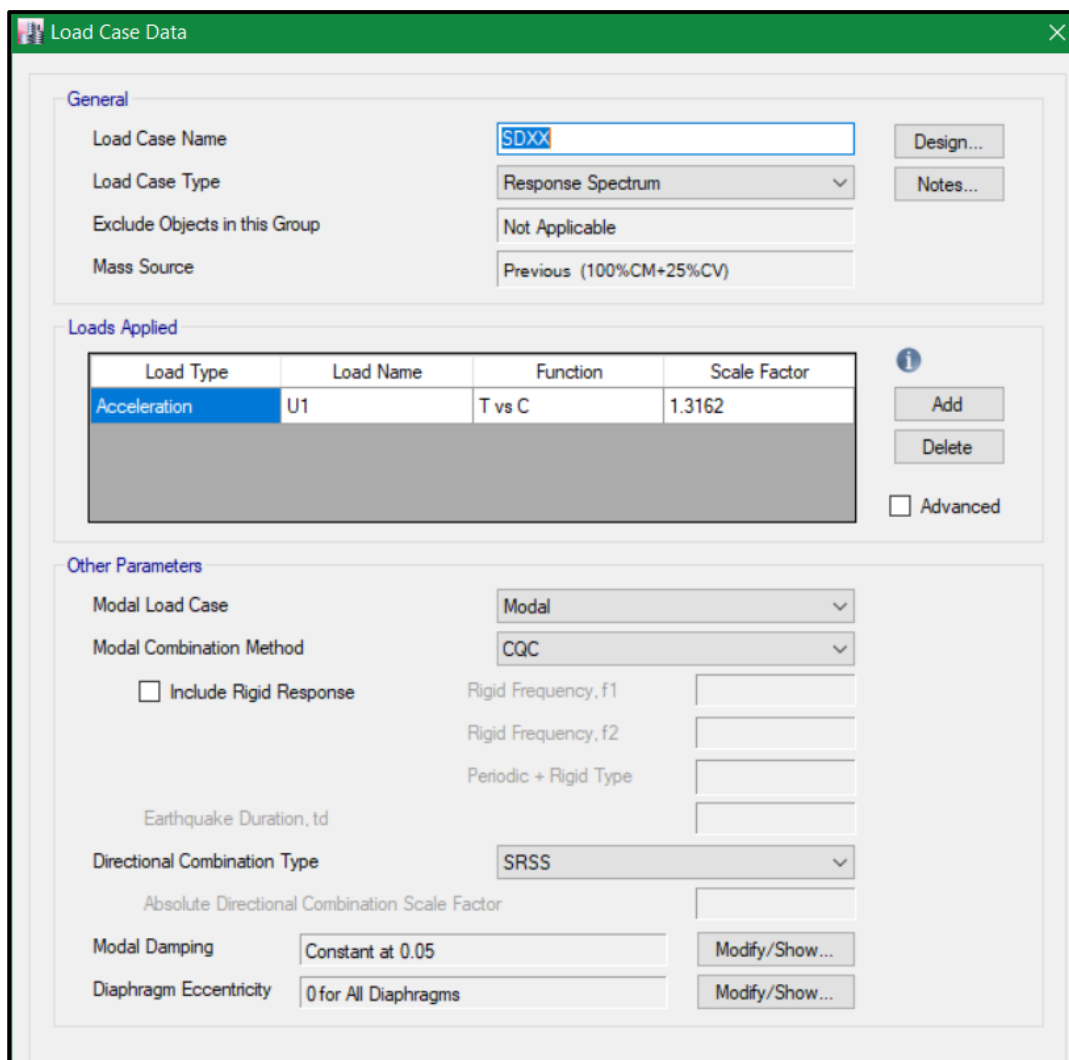


Figura 34. Espectro T vs C

Fuente: Software ETABS



Load Case Data

General

Load Case Name: Design... Notes...

Load Case Type:

Exclude Objects in this Group:

Mass Source:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	T vs C	1.3162

Add Delete ☐ Advanced

Other Parameters

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: Modify/Show...

Figura 35. Adición de constante $(Z*U*S/R)*g$ al espectro T

Fuente: Software ETABS

2. Modos de vibración

De los datos obtenidos en Análisis sísmico estático, consideramos los periodos con desplazamiento en X,Y y rotación en Z:

Tabla 68. Datos obtenidos

N°	Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ
01	Modal	TUX=	0.135	0.7461	0.0000	0.0299
02	Modal	TUY=	0.087	0.0108	0.4975	0.3199
03	Modal	TRZ=	0.069	0.0124	0.3735	0.4535
04	Modal	4	0.033	0.1811	0.0000	0.0063
05	Modal	5	0.027	0.0006	0.1097	0.0234
06	Modal	6	0.021	0.0083	0.0080	0.1299
07	Modal	7	0.016	0.0025	0.0078	0.0011
08	Modal	8	0.015	0.0326	0.0005	0.0028
09	Modal	9	0.014	0.0013	0.0001	0.0010

Fuente: Elaboración propia

Donde se cumple que en los dos primeros modos son de translación (X,Y), y el tercer modo es rotación.

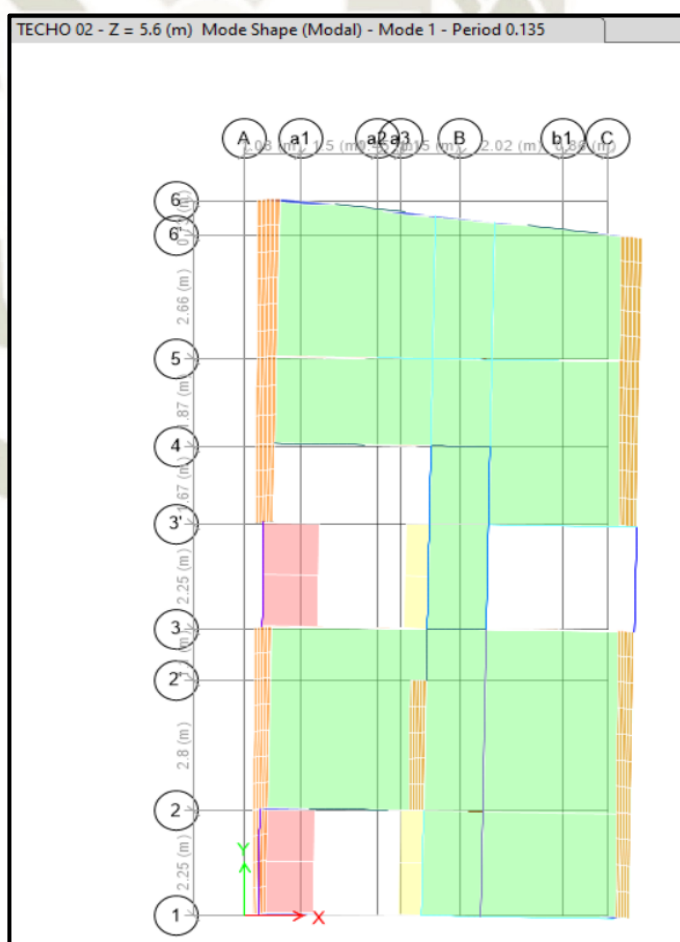


Figura 36. Modo 1, con Periodo 0.135 seg. Traslación en eje X

Fuente: Software ETABS

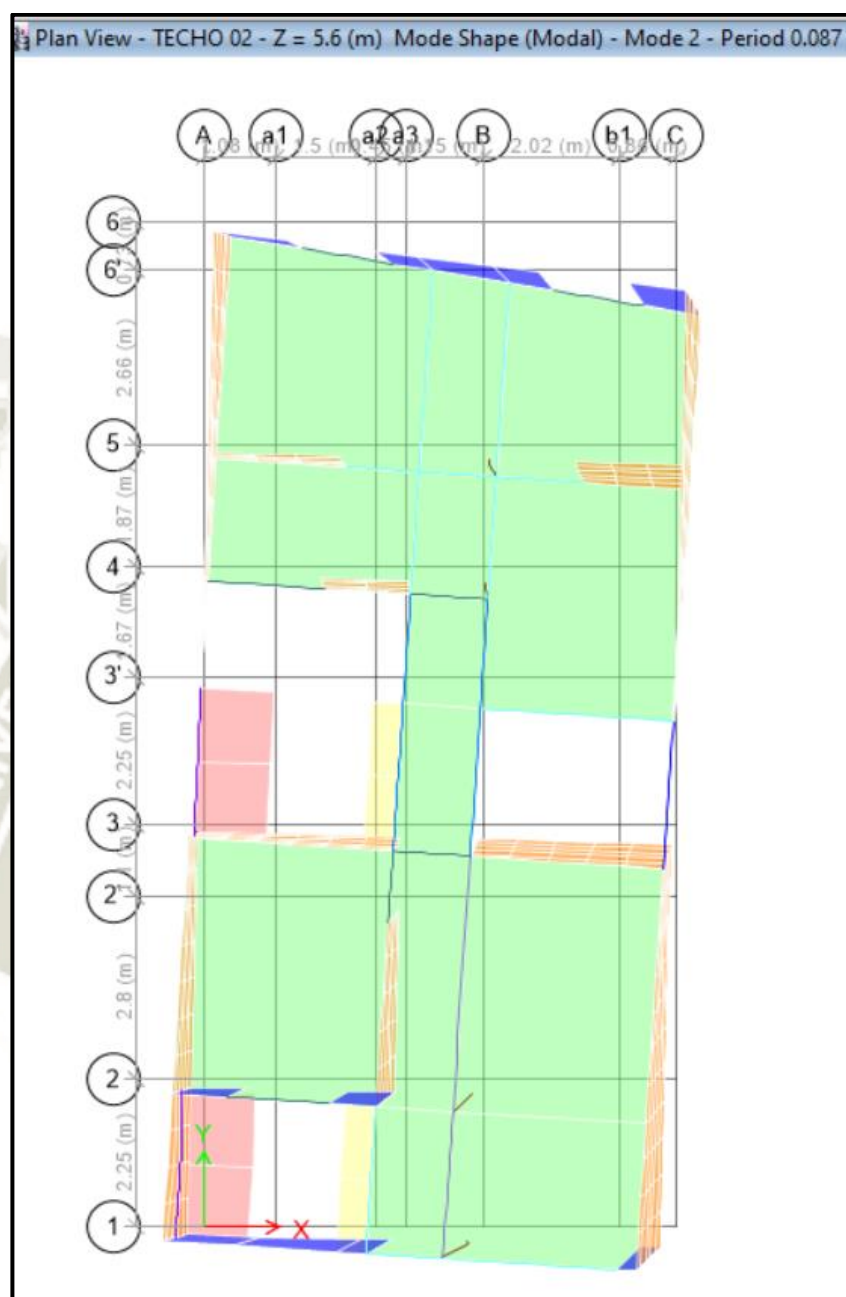


Figura 37. Modo 2, con Periodo 0.087 seg. Traslación en eje Y

Fuente: Software ETABS

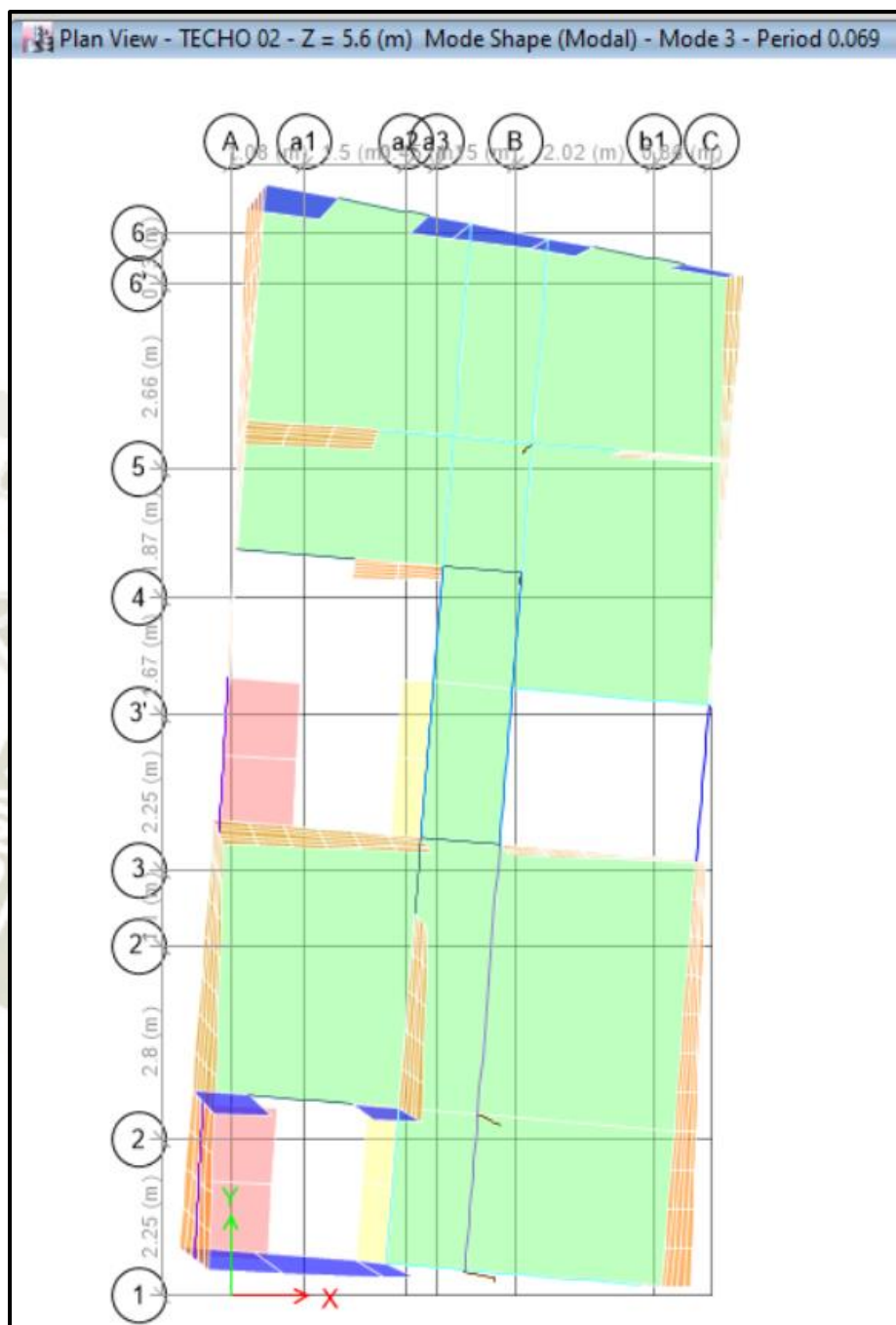


Figura 38. Modo 3, con Periodo 0.069 seg. Rotación en eje Z

Fuente: Software ETABS

3. Desplazamientos laterales relativos de entrepiso

De nuestro modelamiento realizado en el ETABS obtenemos las derivas laterales de cada entrepiso, las cuales según lo indicado en la Norma E. 030 no debe exceder la deriva máxima de 0.005 para albañilería.

Tabla 69. Sismo estático XX

SISMO ESTÁTICO XX

TABLE:						
Story Drifts						
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	DERIVA INEL. Drift x (0.75xR)	Drift/1 000	Verificación
TECHO 03 - AZOTEA	SEXX	X	4.41E-04	0.0010	0.99	CUMPLE
TECHO 02	SEXX	X	4.43E-04	0.0010	1.00	CUMPLE
TECHO 01	SEXX	X	2.42E-04	0.0005	0.54	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Sismo estático YY

SISMO ESTÁTICO YY

TABLE:						
Story Drifts						
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	DERIVA INEL. Drift x (0.75xR)	Drift/1 000	Verificación
TECHO 03 - AZOTEA	SEYY	Y	0.000116	0.0003	0.26	CUMPLE
TECHO 02	SEYY	Y	0.000135	0.0003	0.30	CUMPLE
TECHO 01	SEYY	Y	0.000111	0.0002	0.25	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Sismo dinámico XX

SISMO DINÁMICO XX

TABLE:

Story Drifts

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	DERIVA INEL. Drift x (0.75xR)	Drift/1 000	Verificación
TECHO 03 - AZOTEA	SDXX Max	X	0.000369	0.0008	0.83	CUMPLE
TECHO 02	SDXX Max	X	0.000364	0.0008	0.82	CUMPLE
TECHO 01	SDXX Max	X	0.000195	0.0004	0.44	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72. Sismo dinámico YY

SISMO DINÁMICO YY

TABLE:

Story Drifts

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	DERIVA INEL. Drift x (0.75xR)	Drift/1 000	Verificación
TECHO 03 - AZOTEA	SDYY Max	Y	9.80E-05	0.0002	0.22	CUMPLE
TECHO 02	SDYY Max	Y	0.000108	0.0002	0.24	CUMPLE
TECHO 01	SDYY Max	Y	8.20E-05	0.0002	0.18	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Podemos verificar que todos nuestras Derivas están por debajo del 0.005, cumpliendo lo indicado en la Norma E. 030.

4. Torsión

a. Irregularidad torsional

Para la verificación de la Irregularidad torsional debemos revisar 02 criterios:

- El desplazamiento relativo en el extremo del edificio (Δ máx.) considerando la excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso.
- El máximo desplazamiento relativo entrepisos es mayor que el 50% del desplazamiento permisible. En el caso de nuestra edificación es 0.005.

Tabla 73. Irregularidad torsional - SEXX

IRREGULARIDAD TORSIONAL - SEXX

TABLE: Diaphragm Max/Avg Drifts					IRREG. TORSIONAL SI:	
Story	Load Case/Com bo	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Condición (*)	
		(A)	(B)	Ratio= (A)/(B)	Ratio > 1.3	Drift > 50% (5/100 0)
TECHO 03 - AZOTEA	SEXX	0.0004	0.0004	1.20	Ok	Ok
TECHO 02	SEXX	0.0004	0.0004	1.23	Ok	Ok
TECHO 01	SEXX	0.0002	0.0002	1.23	Ok	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Irregularidad torsional - SEYY

IRREGULARIDAD TORSIONAL - SEYY

TABLE: Diaphragm Max/Avg Drifts

IRREG. TORSIONAL
SI:

Story	Load Case/Com bo	Max Drift (A)	Avg Drift (B)	Ratio Ratio=(A)/(B)	Condición (*)	
					Ratio > 1.3	Drift > 50% (5/1000)
TECHO 03 - AZOTEA	SEYY	0.0001	0.0001	1.28	Ok	Ok
TECHO 02	SEYY	0.0001	0.0001	1.21	Ok	Ok
TECHO 01	SEYY	0.0001	0.0001	1.11	Ok	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75. Irregularidad torsional – SDXX

IRREGULARIDAD TORSIONAL - SDXX

TABLE: Diaphragm Max/Avg Drifts					IRREG. TORSIONAL SI:	
Story	Load Case/Com bo	Max Drift (A)	Avg Drift (B)	Ratio Ratio=(A)/(B)	Condición (*)	
					Ratio > 1.3	Drift > 50% (5/1000)
TECHO 03 - AZOTEA	SDXX Max	0.0004	0.0003	1.22	Ok	Ok
TECHO 02	SDXX Max	0.0004	0.0003	1.24	Ok	Ok
TECHO 01	SDXX Max	0.0002	0.0002	1.25	Ok	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76. Irregularidad torsional - SDYY

IRREGULARIDAD TORSIONAL - SDYY

TABLE: Diaphragm Max/Avg Drifts				IRREG. TORSIONAL SI:	
Story		Max Drift	Avg Drift	Ratio	Condición (*)

	Load Case/Com bo	(A)	(B)	Ratio=(A)/(B)	Ratio > 1.3	Drift > 50% (5/100 0)
TECHO 03 - AZOTEA	SDYY Max	0.0001	0.0001	1.34	Irreg. Torsión	Ok
TECHO 02	SDYY Max	0.0001	0.0001	1.25	Ok	Ok
TECHO 01	SDYY Max	0.0001	0.0001	1.13	Ok	Ok

Fuente: Elaboración propia

(*) = Tienen que cumplir las dos para que haya Irregularidad

(A) = Deriva máxima

(B) = Deriva promedio o deriva de diafragma

b. Irregularidad torsional extrema

Para la verificación de la Irregularidad torsional debemos revisar 02 criterios:

- El desplazamiento relativo en el extremo del edificio (Δ máx.) considerando la excentricidad accidental, es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso.
- El máximo desplazamiento relativo entrepisos es mayor que el 50% del desplazamiento permisible. En el caso de nuestra edificación es 0.005.

Tabla 77. Irregularidad torsional extrema - SEXX

IRREGULARIDAD TORSIONAL - SEXX

TABLE: Diaphragm Max/Avg Drifts					IRREG. TORSIONAL EXTREMA SI:	
Story	Load Case/Com bo	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Condición (*)	
		(A)	(B)	Ratio=(A)/(B)	Ratio > 1.5	Drift > 50% (5/1000)
TECHO 03 - AZOTEA	SEXX	0.0004	0.0004	1.20	Ok	Ok

TECHO 02	SEXX	0.0004	0.0004	1.23	Ok	Ok
TECHO 01	SEXX	0.0002	0.0002	1.23	Ok	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Irregularidad torsional extrema - SEYY

IRREGULARIDAD TORSIONAL - SEYY

TABLE: Diaphragm Max/Avg Drifts

Story	Load Case/Com bo	Max Drift	Avg Drift	Ratio	IRREG. TORSIONAL EXTREMA SI:	
		(A)	(B)	Ratio=(A)/ (B)	Condición (*)	
					Ratio > 1.5	Drift > 50% (5/1000)
TECHO 03 - AZOTEA	SEYY	0.0001	0.0001	1.28	Ok	Ok
TECHO 02	SEYY	0.0001	0.0001	1.21	Ok	Ok
TECHO 01	SEYY	0.0001	0.0001	1.11	Ok	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79. Irregularidad torsional extrema - SDXX

IRREGULARIDAD TORSIONAL - SDXX

TABLE: Diaphragm Max/Avg Drifts

Story	Load Case/Com bo	Max Drift	Avg Drift	Ratio	IRREG. TORSIONAL EXTREMA SI:	
		(A)	(B)	Ratio=(A)/ (B)	Condición (*)	
					Ratio > 1.5	Drift > 50% (5/1000)
TECHO 03 - AZOTEA	SDXX Max	0.0004	0.0003	1.22	Ok	Ok
TECHO 02	SDXX Max	0.0004	0.0003	1.24	Ok	Ok
TECHO 01	SDXX Max	0.0002	0.0002	1.25	Ok	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Irregularidad torsional extrema - SDXX

IRREGULARIDAD TORSIONAL - SDXX

TABLE: Diaphragm Max/Avg Drifts					IRREG. TORSIONAL EXTREMA SI:	
Story	Load Case/Com bo	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Condición (*)	
		(A)	(B)	Ratio=(A)/ (B)	Ratio > 1.5	Drift > 50% (5/1000)
TECHO 03 - AZOTEA	SDYY Max	0.0001	0.0001	1.34	Ok	Ok
TECHO 02	SDYY Max	0.0001	0.0001	1.25	Ok	Ok
TECHO 01	SDYY Max	0.0001	0.0001	1.13	Ok	Ok

Fuente: Elaboración propia

(*) = Tienen que cumplir las dos para que haya Irregularidad

(A) = Deriva máxima

(B) = Deriva promedio o deriva de diafragma

5. Irregularidad de rigidez y resistencia

a. Irregularidad de rigidez - piso blando

Para la verificación de la irregularidad de rigidez por piso blando tomamos en cuenta los criterios indicados en la Norma E. 030:

- La rigidez lateral en un entrepiso es menor que el 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Tabla 81. Irregularidad piso blando SEXX

IRREGULARIDAD PISO BLANDO SEXX

TABLE: Story Stiffness									
Story	Load Case	Shear X	Drift X	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO BLANDO XX			
				Stiffness X	Stiffness X	70% "K" Piso Superior		80% "K" 3 Pisos Superiores	
		tonf	m	tonf/m	tonf/m				
TECHO 03 - AZOTEA	SEXX	38.95	0.00094	41409.07	41409.07				
TECHO 02	SEXX	75.40	0.00088	86148.13	44739.06	28986.35	Ok	-	-
TECHO 01	SEXX	96.28	0.00059	163460.28	118721.22	31317.34	Ok	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82. Irregularidad piso blando SEYY

IRREGULARIDAD PISO BLANDO SEYY

TABLE: Story Stiffness							
Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO BLANDO YY	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	70% "K" Piso Superior	80% "K" 3 Pisos Superiores
TECHO 03 - AZOTEA	SEYY	0.00	0.00008	0.00	150282.80		
TECHO 02	SEYY	0.00	0.00007	0.00	109209.97	105197.96	Ok
TECHO 01	SEYY	0.00	0.00004	0.00	211713.34	76446.98	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83. Irregularidad piso blando SDXX

IRREGULARIDAD PISO BLANDO SDXX

TABLE: Story Stiffness

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO BLANDO YY	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	70% "K" Piso Superior	80% "K" 3 Pisos Superiores
TECHO 03 - AZOTEA	SDXX	35.01	0.00077	45373.86	45373.86		
TECHO 02	SDXX	61.03	0.00071	86269.36	40895.51	31761.70	Ok
TECHO 01	SDXX	74.20	0.00047	159023.18	118127.68	28626.85	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. Irregularidad piso blando SDYY

IRREGULARIDAD PISO BLANDO SDYY

TABLE: Story Stiffness

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO BLANDO YY	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	70% "K" Piso Superior	80% "K" 3 Pisos Superiores
TECHO 03 - AZOTEA	SDYY	4.36	0.00016	27755.69	132318.28		
TECHO 02	SDYY	7.62	0.00016	48891.49	95210.06	92622.80	Ok
TECHO 01	SDYY	8.92	0.00011	83640.36	205340.24	66647.04	Ok

Fuente: Elaboración propia

b. Irregularidad de resistencia – piso débil

Para la verificación de la irregularidad de resistencia tomamos en cuenta los criterios indicados en la Norma E. 030: La irregularidad de resistencia se da cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 85. Irregularidad piso débil SEXX

IRREGULARIDAD PISO DEBIL SEXX

TABLE: Story Stiffness				Se trabajan con las Cortantes acumuladas			
Story	Load Case	Shear X	Drift X	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA XX - PISO DEBIL	
				Stiffness X	Stiffness X	80% Piso Superior	
		tonf	m	tonf/m	tonf/m		
TECHO 03 - AZOTEA	SEXX	38.95	0.00094	41409.07	41409.07		
TECHO 02	SEXX	75.40	0.00088	86148.13	44739.06	31.16	Ok
TECHO 01	SEXX	96.28	0.00059	163460.28	118721.22	60.32	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86. Irregularidad piso débil SEYY

IRREGULARIDAD PISO DEBIL SEYY

TABLE: Story Stiffness				<i>Se trabajan con las Cortantes acumuladas</i>			
Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA YY - PISO DEBIL	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	80% Piso Superior	
TECHO 03 - AZOTEA	SEYY	0.00	0.00008	0.00	150282.80		
TECHO 02	SEYY	0.00	0.00007	0.00	109209.97	31.16	Ok
TECHO 01	SEYY	0.00	0.00004	0.00	211713.34	60.32	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87. Irregularidad piso débil SDXX

IRREGULARIDAD PISO DEBIL SDXX

TABLE: Story Stiffness				<i>Se trabajan con las Cortantes acumuladas</i>			
Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA YY - PISO DEBIL	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	80% Piso Superior	
TECHO 03 - AZOTEA	SDXX	35.01	0.00077	45373.86	45373.86		
TECHO 02	SDXX	61.03	0.00071	86269.36	40895.51	28.01	Ok
TECHO 01	SDXX	74.20	0.00047	159023.18	118127.68	48.83	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88. Irregularidad piso débil SDYY

IRREGULARIDAD PISO DEBIL SDYY
TABLE: Story Stiffness

Se trabajan con las
Cortantes acumuladas

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA YY - PISO DEBIL	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	80% Piso Superior	
TECHO 03 - AZOTEA	SDYY	4.36	0.00016	27755.69	132318.28		
TECHO 02	SDYY	7.62	0.00016	48891.49	95210.06	21.59	Ok
TECHO 01	SDYY	8.92	0.00011	83640.36	205340.24	40.59	Ok

Fuente: Elaboración propia

c. Irregularidad de extrema rigidez

Para la verificación de la irregularidad de extrema rigidez tomamos en cuenta los criterios indicados en la Norma E. 030:

- La rigidez lateral en un entrepiso es menor que el 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Tabla 89. Irregularidad extrema SEXX

IRREGULARIDAD EXTREMA SEXX
TABLE: Story Stiffness

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ XX	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	60% "K" Piso Superior	70% "K" 3 Pisos Superiores
TECHO 03 - AZOTEA	SEXX	38.95	0.00094	41409.07	41409.07		
TECHO 02	SEXX	75.40	0.00088	86148.13	44739.06	24845.44	Ok
TECHO 01	SEXX	96.28	0.00059	163460.28	118721.22	26843.43	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90. Irregularidad extrema SEYY

IRREGULARIDAD EXTREMA SEYY
TABLE: Story Stiffness

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ XX	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	60% "K" Piso Superior	70% "K" 3 Pisos Superiores
TECHO 03 - AZOTEA	SEYY	0.00	0.00008	0.00	150282.80		
TECHO 02	SEYY	0.00	0.00007	0.00	109209.97	105197.96	Ok
TECHO 01	SEYY	0.00	0.00004	0.00	211713.34	76446.98	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91. Irregularidad extrema SDXX

IRREGULARIDAD EXTREMA SDXX
TABLE: Story Stiffness

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ XX	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	60% "K" Piso Superior	70% "K" 3 Pisos Superiores
TECHO 03 - AZOTEA	SDXX	35.01	0.00077	45373.86	45373.86		
TECHO 02	SDXX	61.03	0.00071	86269.36	40895.51	27224.31	Ok
TECHO 01	SDXX	74.20	0.00047	159023.18	118127.68	24537.30	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92. Irregularidad extrema SDYY

IRREGULARIDAD EXTREMA SDYY
TABLE: Story Stiffness

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ XX	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	60% "K" Piso Superior	70% "K" 3 Pisos Superiores
TECHO 03 - AZOTEA	SDYY	4.36	0.00016	27755.69	132318.28		
TECHO 02	SDYY	7.62	0.00016	48891.49	95210.06	79390.97	Ok
TECHO 01	SDYY	8.92	0.00011	83640.36	205340.24	57126.03	Ok

Fuente: Elaboración propia

d. Irregularidad de extrema resistencia

Para la verificación de la irregularidad de extrema resistencia tomamos en cuenta los criterios indicados en la Norma E. 030:

- La irregularidad de resistencia se da cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 93. Irregularidad extrema resistencia SEXX

IRREGULARIDAD EXTREMA RESISTENCIA SEXX

TABLE: Story Stiffness

Se trabajan con las
Cortantes acumuladas

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA XX	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	65% Piso Superior	
TECHO 03 - AZOTEA	SEXX	38.95	0.00094	41409.07	41409.07		
TECHO 02	SEXX	75.40	0.00088	86148.13	44739.06	25.32	Ok
TECHO 01	SEXX	96.28	0.00059	163460.28	118721.2	49.01	Ok

2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Irregularidad extrema resistencia SEYY

IRREGULARIDAD EXTREMA RESISTENCIA SEYY

TABLE: Story Stiffness						Se trabajan con las Cortantes acumuladas	
Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA XX	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	65% Piso Superior	
TECHO 03 - AZOTEA	SEYY	0.00	0.00008	0.00	150282.80		
TECHO 02	SEYY	0.00	0.00007	0.00	109209.97	25.32	Ok
TECHO 01	SEYY	0.00	0.00004	0.00	211713.34	49.01	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95. Irregularidad extrema resistencia SDXX

IRREGULARIDAD EXTREMA RESISTENCIA SDXX

TABLE: Story Stiffness						Se trabajan con las Cortantes acumuladas	
Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado	Rigidez "K" de Entrepiso	IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA XX	
				Stiffness X tonf/m	Stiffness X tonf/m	65% Piso Superior	
TECHO 03 - AZOTEA	SDXX	35.01	0.00077	45373.86	45373.86		
TECHO 02	SDXX	61.03	0.00071	86269.36	40895.51	22.76	Ok
TECHO 01	SDXX	74.20	0.00047	159023.18	118127.68	39.67	Ok

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96. Irregularidad extrema resistencia SDYY

IRREGULARIDAD EXTREMA RESISTENCIA SDYY

TABLE: Story Stiffness						Se trabajan con las Cortantes acumuladas	
Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Rigidez "K" acumulado Stiffness X tonf/m	Rigidez "K" de Entrepiso Stiffness X tonf/m	IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA XX	
TECHO 03 - AZOTEA	SDYY	4.36	0.00016	27755.69	132318.28		
TECHO 02	SDYY	7.62	0.00016	48891.49	95210.06	17.54	Ok
TECHO 01	SDYY	8.92	0.00011	83640.36	205340.24	32.98	Ok

Fuente: Elaboración propia

6. Escalado sísmico final

Con los resultados obtenidos en las tablas anteriores, obtenemos el factor de escalamiento corregido, tanto para la dirección X-X e Y-Y.

Tabla 97. Valores de parámetros

PARÁMETROS DE ANÁLISIS	DETERMINACIÓN	VALOR
Z: Factor de zona	Tabla 01 (E.030)	0.35
U: Factor de uso o importancia	Tabla 03 (E.030)	1.00
S: Factor de amplificación del suelo	Tabla 04 (E.030)	1.15
TP: Periodo que define la plataforma del factor C (s)	Tabla 04 (E.030)	0.60
TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)	Tabla 05 (E.030)	2.50
P: Peso Total de la Edificación (Tonf)		310.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 98. Modos de vibración

MODOS DE VIBRACIÓN

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA					
Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ
Modal	TUX=	0.135	0.7461	0.0000	0.0299
Modal	TUY=	0.087	0.0108	0.4975	0.3199
Modal	TRZ=	0.069	0.0124	0.3735	0.4535

Fuente: Elaboración propia

Determinamos la cortante estática en X-X e Y-Y.

Tabla 99. Cortante estática en X-X

DIRECCIÓN X-X	TX: Periodo natural en la dirección X (s)	Modo 1	0.135
	CX: Factor de amplificación sísmica en X	Art. 14 (E.030)	2.5
	Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)	3
	Iax: irregularidad en altura (Piso Blando, Piso débil)	Tabla 08 (E.030)	1
	Irregularidad de masa o peso		
	Irregularidad de geometría vertical		
	Discontinuidad en los sistemas resistentes		
	Discontinuidad extrema en los sistemas resistentes		
	Ipx: irregularidad en planta (Torsión)	Tabla 09 (E.030)	1
	Esquinas entrantes		
	Discontinuidad en diafragma		
	Sistema no paralelos		
	RX: Coeficiente de reducción sísmico en X	Art. 22 (E.030)	3
	Cx/Rx = 0.833 > 0.11	Art.28.2.2. (E.030)	CUMPLE
	VX: Fuerza cortante en la base en la dirección X -X (Tonf)		104.28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 100. Cortante estática en Y-Y

DIRECCIÓN Y-Y	TY: Periodo natural en la dirección Y (s)		0.087
	CY: Factor de amplificación sísmica en Y	Art. 14 (E.030)	2.5
	Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)	3
	Iay: irregularidad en altura (Piso Blando, Piso débil)	Tabla 08 (E.030)	1
	Irregularidad de masa o peso		
	Irregularidad de geometría vertical		
	Discontinuidad en los sistemas resistentes		
	Discontinuidad extrema en los sistemas resistentes		
	Ipy: irregularidad en planta (Torsión)	Tabla 09 (E.030)	1
	Esquinas entrantes		
	Discontinuidad en diafragma		
	Sistema no paralelos		
	RY: Coeficiente de reducción sísmico en Y	Art. 22 (E.030)	3
	Cy/Ry = 0.833 > 0.11	Art. 28.2.2. (E.030)	CUMPLE
	VY: Fuerza cortante en la base en la dirección Y -Y (Tonf)		104.28

Fuente: Elaboración propia

Determinamos la cortante dinámica en X-X e Y-Y, del programa ETABS.

Tabla 101. Cortante dinámica en X-X e Y-Y

CORTANTE DINÁMICA

TABLE: Story Forces							
Story	Load Case/Combo	Location	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
TECHO 01	SDXX Max	Bottom	74.2037	8.9214	678.677	53.2705	458.1589
TECHO 01	SDYY Max	Bottom	8.9214	65.2646	331.4337	387.1998	55.338

Fuente: Software ETABS

De la tabla obtenemos que:

La **cortante dinámica en X es 74.2037 Tonf y en Y es 65.2646 Tonf.**

Determinamos la cortante de diseño en X-X e Y-Y.

$$V_x \text{ diseño} = 83.42 \text{ tonf}$$

$$V_y \text{ diseño} = 83.42 \text{ tonf}$$

Si es estructura Regular, la cortante de diseño es el 80% del Sismo Estático; si es Irregular, la cortante de diseño es el 90% del Sismo Estático.

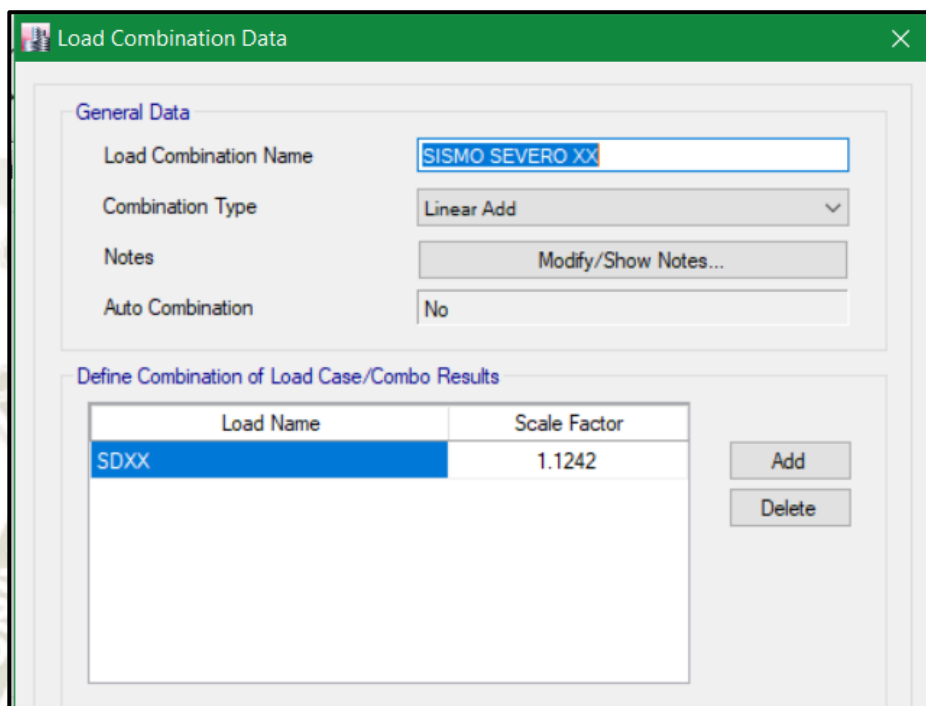
El caso de nuestra edificación consideramos el 80% del Sismo Estático:

Para determinar el factor de escalamiento corregido es la relación entre la cortante de diseño final entre la fuerza cortante dinámica:

FACTOR DE ESCALAMIENTO CORREGIDO EN X-X 1.124

FACTOR DE ESCALAMIENTO CORREGIDO EN Y-Y 1.278

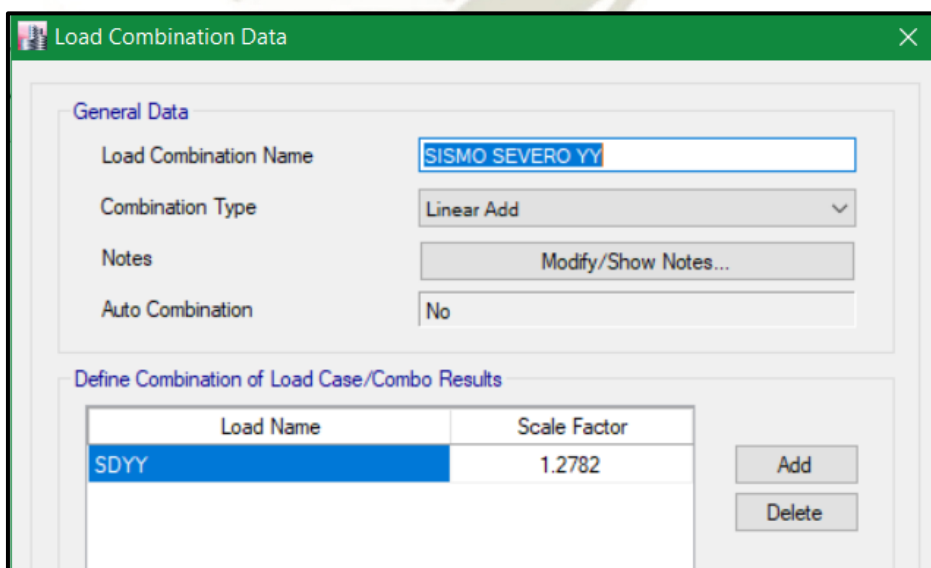
Procedemos a asignar los factores de escalamiento corregidos, los ingresamos en la combinación de carga en el programa ETABS, para poder obtener las cortantes y fuerzas para el diseño de la albañilería confinada.



Load Name	Scale Factor
SDXX	1.1242

Figura 39. Valores de combinación de carga SDXX

Fuente: Software ETABS



Load Name	Scale Factor
SDYY	1.2782

Figura 40. Valores de combinación de carga SDYY

Fuente: Software ETABS

H. Verificación y diseño de albañilería confinada

1. Verificación por fisuración

Esta verificación se realiza con la finalidad de evitar que los muros puedan fisurarse ante sismos moderados, los cuales son más frecuentes.

Para ello, se debe verificar que se cumpla la siguiente expresión:

$$V_e \leq 0.55V_m$$

$$V_m = 0.5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

Donde:

V_e = Fuerza cortante producida por el sismo moderado

V_m = Resistencia al corte del muro

$0.55V_m$ = Fuerza cortante admisible

v'_m = resistencia característica a corte de la albañilería

P_g = carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida

t = espesor efectivo del muro

L = longitud total del muro

α = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

V_e = Fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico

M_e = Momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

a. Primer nivel

Tabla 102. Verificación de fisuración en el primer nivel

MURO	L (m)	t (m)	Pg (kg)	Vei-X (kg)	Mei-X (kg-m)	Vei-Y (kg)	Mei-Y (kg-m)	Vei (kg)	Mei (kg-m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	α	Vmi (kg)	$V_e \leq 0.55V_m$	
X1	3.18	0.14	15674.13	3402.57	9949.04	8.42	5.18	3402.57	9949.04	1.09	1.00	18118.57	9965.21	No Fisurado
X2	3.03	0.14	16630.61	3408.13	9259.50	14.19	4.68	3408.13	9259.50	1.12	1.00	17653.96	9709.68	No Fisurado
X3	1.36	0.14	10399.42	380.66	1397.34	1.85	0.00	380.66	1397.34	0.37	0.37	4691.50	2580.32	No Fisurado
X4	2.02	0.14	8096.71	1844.26	4259.49	18.26	5.26	1844.26	4259.49	0.87	0.87	9925.54	5459.05	No Fisurado
X5	1.59	0.14	5389.04	1262.41	2524.14	14.73	4.80	1262.41	2524.14	0.80	0.80	7010.15	3855.58	No Fisurado
Y1	6.15	0.14	16989.96	42.23	11.78	8081.38	11202.66	8081.38	11202.66	4.44	1.00	31976.29	17586.96	No Fisurado
Y2	7.08	0.14	20139.74	65.89	9.56	8867.83	14996.06	8867.83	14996.06	4.19	1.00	36945.26	20319.89	No Fisurado
Y3	2.90	0.14	12386.49	20.30	1.61	2521.75	3717.68	2521.75	3717.68	1.97	1.00	16084.49	8846.47	No Fisurado
Y4	6.15	0.14	27475.77	19.76	4.72	9126.61	23188.71	9126.61	23188.71	2.42	1.00	34388.03	18913.41	No Fisurado
Y5	6.35	0.14	22806.95	51.32	6.83	8614.61	25871.28	8614.61	25871.28	2.11	1.00	34227.00	18824.85	No Fisurado

Fuente: Elaboración propia

b. Segundo nivel

Tabla 103. Verificación de fisuración en el segundo nivel

MURO	L (m)	t (m)	Pg (kg)	Vei-X (kg)	Mei-X (kg-m)	Vei-Y (kg)	Mei-Y (kg-m)	Vei (kg)	Mei (kg-m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	α	Vmi (kg)	$V_e \leq 0.55 V_m$	
X1	3.18	0.14	8950.48	4939.83	6899.90	9.66	8.55	4939.83	6899.90	2.28	1.00	16572.13	9114.67	No Fisurado
X2	3.03	0.14	8928.73	4581.51	6024.70	53.40	32.54	4581.51	6024.70	2.30	1.00	15882.53	8735.39	No Fisurado
X3	1.36	0.14	6780.04	376.39	700.01	10.56	14.03	376.39	700.01	0.73	0.73	6098.35	3354.09	No Fisurado
X4	2.02	0.14	4281.03	1831.14	2286.35	17.33	5.48	1831.14	2286.35	1.62	1.00	10203.92	5612.15	No Fisurado
X5	1.59	0.14	3052.05	1263.40	1430.39	19.27	7.20	1263.40	1430.39	1.40	1.00	7958.73	4377.30	No Fisurado
Y1	6.15	0.14	10418.64	42.11	26.57	8404.47	6445.58	8404.47	6445.58	8.02	1.00	30464.89	16755.69	No Fisurado
Y2	7.08	0.14	13256.51	71.08	73.50	7597.90	8964.00	7597.90	8964.00	6.00	1.00	35362.12	19449.16	No Fisurado
Y3	2.90	0.14	7360.79	10.34	13.04	1647.74	1264.50	1647.74	1264.50	3.78	1.00	14928.58	8210.72	No Fisurado
Y4	6.15	0.14	17813.10	44.90	37.91	8463.64	13881.11	8463.64	13881.11	3.75	1.00	32165.61	17691.09	No Fisurado
Y5	6.35	0.14	14144.35	43.47	49.33	8097.69	14924.11	8097.69	14924.11	3.45	1.00	32234.60	17729.03	No Fisurado

Fuente: Elaboración propia

c. Tercer nivel

Tabla 104. Verificación de fisuración en el tercer nivel

MURO	L (m)	t (m)	Pg (kg)	Vei-X (kg)	Mei-X (kg-m)	Vei-Y (kg)	Mei-Y (kg-m)	Vei (kg)	Mei (kg-m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	α	Vmi (kg)	$V_e \leq 0.55V_m$	
X1	3.18	0.14	2868.12	3849.04	3274.77	5.67	6.68	3849.04	3274.77	3.74	1.00	15173.19	8345.25	No Fisurado
X2	3.03	0.14	4298.53	3397.68	2759.57	42.52	23.34	3397.68	2759.57	3.73	1.00	14817.58	8149.67	No Fisurado
X3	1.36	0.14	3326.12	217.72	272.58	6.79	8.80	217.72	272.58	1.09	1.00	6972.05	3834.63	No Fisurado
X4	2.02	0.14	1725.34	728.23	651.22	5.68	2.39	728.23	651.22	2.26	1.00	9616.11	5288.86	No Fisurado
X5	1.59	0.14	1245.52	571.67	505.11	8.27	3.00	571.67	505.11	1.80	1.00	7543.23	4148.78	No Fisurado
Y1	6.15	0.14	4769.63	15.31	18.78	6001.25	2950.87	6001.25	2950.87	12.51	1.00	29165.61	16041.09	No Fisurado
Y2	7.08	0.14	6622.15	48.96	44.63	4165.62	3382.69	4165.62	3382.69	8.72	1.00	33836.21	18609.92	No Fisurado
Y3	2.90	0.14	3144.98	3.29	2.48	736.68	470.13	736.68	470.13	4.54	1.00	13958.95	7677.42	No Fisurado
Y4	6.15	0.14	8435.04	12.52	7.71	5236.97	5413.97	5236.97	5413.97	5.95	1.00	30008.66	16504.76	No Fisurado
Y5	6.35	0.14	6816.68	11.77	11.98	4933.97	6082.98	4933.97	6082.98	5.15	1.00	30549.24	16802.08	No Fisurado

Fuente: Elaboración propia

2. Verificación por resistencia al corte

La resistencia al corte deberá ser mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo, cumpliéndose de esa manera la siguiente condición:

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

a. Primer nivel

Tabla 105. Verificación de resistencia al corte en el primer nivel

MURO	VEi - X (kg)	VEi - Y (kg)	Ve _i (kg)	V _{mi} (kg)	V _m ≥ V _{Ei}
X1	6805.14	16.84	6805.14	18118.57	Resistente
X2	1365.71	28.38	1365.71	17653.96	Resistente
X3	1365.71	3.7	1365.71	4691.53	Resistente
X4	1365.71	36.52	1365.71	9925.52	Resistente
X5	1365.71	29.47	1365.71	7010.16	Resistente
Y1	84.47	16162.77	16162.77	31976.29	Resistente
Y2	131.79	17735.66	17735.66	36945.26	Resistente
Y3	40.61	5043.49	5043.49	16084.49	Resistente
Y4	39.51	18253.22	18253.22	34388.03	Resistente
Y5	102.64	17229.23	17229.23	34227.00	Resistente

Fuente: Elaboración propia

b. Segundo nivel

Tabla 106. Verificación de resistencia al corte en el segundo nivel

MURO	VEi - X (kg)	VEi - Y (kg)	Ve _i (kg)	V _{mi} (kg)	V _m ≥ V _{Ei}
X1	9879.67	19.32	9879.67	16572.13	Resistente
X2	1365.713	106.79	1365.71	15882.53	Resistente
X3	1365.713	21.13	1365.71	6098.35	Resistente
X4	1365.713	34.66	1365.71	10203.92	Resistente
X5	1365.713	38.53	1365.71	7958.73	Resistente
Y1	84.23	16808.94	16808.94	30464.89	Resistente
Y2	142.16	15195.8	15195.80	35362.12	Resistente
Y3	20.68	3295.48	3295.48	14928.58	Resistente
Y4	89.8	16927.28	16927.28	32165.61	Resistente
Y5	86.93	16195.38	16195.38	32234.60	Resistente

Fuente: Elaboración propia

c. Tercer nivel

Tabla 107. Verificación de resistencia al corte en el tercer nivel

MURO	VEi - X (kg)	VEi - Y (kg)	Ve _i (kg)	V _{mi} (kg)	V _m ≥ V _{Ei}
X1	7698.08	11.34	7698.08	15173.19	Resistente
X2	1365.713	85.04	1365.71	14817.58	Resistente
X3	1365.713	13.58	1365.71	6972.05	Resistente
X4	1365.713	11.37	1365.71	9616.11	Resistente
X5	1365.713	16.54	1365.71	7543.23	Resistente
Y1	30.62	12002.51	12002.51	29165.61	Resistente
Y2	97.93	8331.24	8331.24	33836.21	Resistente
Y3	6.58	1473.36	1473.36	13958.95	Resistente
Y4	25.05	10473.94	10473.94	30008.66	Resistente
Y5	23.54	9867.94	9867.94	30549.24	Resistente

Fuente: Elaboración propia

3. Verificación de necesidad de refuerzo horizontal de muros

a. Fuerzas internas para el diseño de muros

Las fuerzas internas consideradas para el diseño de los muros en cada entrepiso “i” serán las del sismo severo V_{ui} y M_{ui} . Estas fuerzas se obtendrán amplificando las fuerzas V_{ei} y M_{ei} del análisis elástico ante el sismo moderado, por la relación cortante de agrietamiento diagonal V_m entre cortante producido por el sismo moderado V_e , ambos valores del primer nivel. El factor de amplificación no deberá ser menor que dos ni mayor que tres.

$$V_{ui} = V_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}}$$

$$M_{ui} = M_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}}$$

Donde:

$$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$$

a) Primer nivel

Tabla 108. Fuerzas internas en el primer nivel

MURO	$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$	V_{ei} (kg)	M_{ei} (kg-m)	V_{ui} (kg)	M_{ui} (kg-m)
X1	5.325	3.000	3402.57	9949.04	10207.71	29847.12
X2	5.180	3.000	3408.13	9259.50	10224.39	27778.49
X3	12.325	3.000	380.66	1397.34	1141.98	4192.02
X4	5.382	3.000	1844.26	4259.49	5532.78	12778.48
X5	5.553	3.000	1262.41	2524.14	3787.23	7572.43
Y1	3.957	3.000	8081.38	11202.66	24244.14	33607.99
Y2	4.166	3.000	8867.83	14996.06	26603.49	44988.19
Y3	6.378	3.000	2521.75	3717.68	7565.25	11153.04
Y4	3.768	3.000	9126.61	23188.71	27379.83	69566.14
Y5	3.973	3.000	8614.61	25871.28	25843.83	77613.84

Fuente: Elaboración propia

b) Segundo nivel

Tabla 109. Fuerzas internas en el segundo nivel

MURO	$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$	V_{ei} (kg)	M_{ei} (kg-m)	V_{ui} (kg)	M_{ui} (kg-m)
X1	4.733	3.000	4939.83	6899.90	14819.49	20699.70
X2	4.604	3.000	4581.51	6024.70	13744.53	18074.09
X3	10.955	3.000	376.39	700.01	1129.17	2100.04
X4	4.784	3.000	1831.14	2286.35	5493.42	6859.05
X5	4.936	3.000	1263.40	1430.39	3790.20	4291.16
Y1	3.517	3.000	8404.47	6445.58	25213.41	19336.73
Y2	3.703	3.000	7597.90	8964.00	22793.70	26892.00
Y3	5.670	3.000	1647.74	1264.50	4943.22	3793.49
Y4	3.349	3.000	8463.64	13881.11	25390.92	41643.33
Y5	3.532	3.000	8097.69	14924.11	24293.07	44772.34

Fuente: Elaboración propia

c) Tercer nivel

Tabla 110. Fuerzas internas en el tercer nivel

MURO	$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$	V_{ei}	M_{ei}	V_{ui}	M_{ui}
			(kg)	(kg-m)	(kg)	(kg-m)
X1	4.733	3.000	3849.04	3274.77	11547.12	9824.31
X2	4.604	3.000	3397.68	2759.57	10193.04	8278.70
X3	10.955	3.000	217.72	272.58	653.16	817.73
X4	4.784	3.000	728.23	651.22	2184.69	1953.66
X5	4.936	3.000	571.67	505.11	1715.01	1515.32
Y1	3.517	3.000	6001.25	2950.87	18003.75	8852.61
Y2	3.703	3.000	4165.62	3382.69	12496.86	10148.08
Y3	5.670	3.000	736.68	470.13	2210.04	1410.39
Y4	3.349	3.000	5236.97	5413.97	15710.91	16241.91
Y5	3.532	3.000	4933.97	6082.98	14801.91	18248.95

Fuente: Elaboración propia

b. Verificación de necesidad de refuerzo horizontal

Todo muro será reforzado cuando su cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte.

$$V_u \geq V_m$$

Se considerará refuerzo, además, cuando el muro tenga una compresión axial mayor o igual que $0.05 f'_m$. Esta compresión será la producida por la carga gravitacional tomando en cuenta toda la sobrecarga.

$$\sigma_m = \frac{P_m}{(L \cdot t)} \geq 0.05 f'_m$$

a) Primer nivel

Tabla 111. Refuerzo horizontal en el primer nivel

MURO	σ_m (kg/cm ²)	V _{mi} (Kg)	0.05 f'm (kg/cm ²)	V _{ui} (kg)	M _{ui} (kg-m)	Condición	As-min	# de Var.	Ø Varilla	Arreglo	
X1	4.045	18118.570	4.972	10207.71	29847.12	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechass
X2	4.478	17653.960	4.972	10224.39	27778.49	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechass
X3	6.285	4691.535	4.972	1141.98	4192.02	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Corrido
X4	3.230	9925.521	4.972	5532.78	12778.48	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechass
X5	2.692	7010.160	4.972	3787.23	7572.43	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechass
Y1	2.200	31976.291	4.972	24244.14	33607.99	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechass
Y2	2.241	36945.260	4.972	26603.49	44988.19	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechass
Y3	3.529	16084.493	4.972	7565.25	11153.04	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechass
Y4	3.605	34388.027	4.972	27379.83	69566.14	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechass
Y5	2.866	34226.999	4.972	25843.83	77613.84	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechass

Fuente: Elaboración propia

b) Segundo nivel

Tabla 112. Refuerzo horizontal en el segundo nivel

MURO	σ_m (kg/cm ²)	V _{mi} (Kg)	0.05 f'm (kg/cm ²)	V _{ui} (kg)	M _{ui} (kg-m)	Condición	As-min	# de Var.	Ø Varilla	Arreglo	
X1	4.04	16572.13	4.972	14819.49	20699.70	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mech
X2	4.43	15882.53	4.972	13744.53	18074.09	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mech
X3	6.28	6098.35	4.972	1129.17	2100.04	Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Corrido
X4	3.26	10203.92	4.972	5493.42	6859.05	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mech
X5	2.68	7958.73	4.972	3790.20	4291.16	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mech
Y1	2.17	30464.89	4.972	25213.41	19336.73	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mech
Y2	2.24	35362.12	4.972	22793.70	26892.00	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mech
Y3	3.56	14928.58	4.972	4943.22	3793.49	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mech
Y4	3.69	32165.61	4.972	25390.92	41643.33	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mech
Y5	2.89	32234.60	4.972	24293.07	44772.34	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mech

Fuente: Elaboración propia

c) Tercer nivel

Tabla 113. Refuerzo horizontal en el tercer nivel

MURO	σ_m (kg/cm ²)	V _{mi} (Kg)	0.05 f'm (kg/cm ²)	V _{ui} (kg)	M _{ui} (kg-m)	Condición	As-min	# de Var.	Ø Varilla	Arreglo	
X1	0.69	15173.19	4.972	11547.12	9824.31	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas
X2	1.13	14817.58	4.972	10193.04	8278.70	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas
X3	1.99	6972.05	4.972	653.16	817.73	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas
X4	0.65	9616.11	4.972	2184.69	1953.66	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas
X5	0.59	7543.23	4.972	1715.01	1515.32	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas
Y1	0.60	29165.61	4.972	18003.75	8852.61	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas
Y2	0.74	33836.21	4.972	12496.86	10148.08	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas
Y3	0.87	13958.95	4.972	2210.04	1410.39	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas
Y4	1.09	30008.66	4.972	15710.91	16241.91	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas
Y5	0.84	30549.24	4.972	14801.91	18248.95	No Reforzar	0.28	1	Ø 6mm	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	Correcto - Mechas

Fuente: Elaboración propia

c. Verificación del agrietamiento diagonal de entrepisos superiores

Se deberá verificar la siguiente condición para todos los muros confinados, en cada entrepiso superior al primero: $V_{mi} > V_{ui}$

De no cumplirse, los confinamientos de dicho entrepiso deberán ser diseñados como en el primero.

a) Segundo nivel

Tabla 114. Agrietamiento en el segundo nivel

MURO	V_{mi} (kg)	V_{ui} (kg)	Verificación Agiertamiento Diagonal $V_{mi} > V_{ui}$
X1	16572.13	14819.49	<i>Sin agrietamiento</i>
X2	15882.53	13744.53	<i>Sin agrietamiento</i>
X3	6098.35	1129.17	<i>Sin agrietamiento</i>
X4	10203.92	5493.42	<i>Sin agrietamiento</i>
X5	7958.73	3790.20	<i>Sin agrietamiento</i>
Y1	30464.89	25213.41	<i>Sin agrietamiento</i>
Y2	35362.12	22793.70	<i>Sin agrietamiento</i>
Y3	14928.58	4943.22	<i>Sin agrietamiento</i>
Y4	32165.61	25390.92	<i>Sin agrietamiento</i>
Y5	32234.60	24293.07	<i>Sin agrietamiento</i>

Fuente: Elaboración propia

b) Tercer nivel

Tabla 115. Agrietamiento en el tercer nivel

MURO	V_{mi} (kg)	V_{ui} (kg)	Verificación Agiertamiento Diagonal $V_{mi} > V_{ui}$
X1	15173.19	11547.12	<i>Sin agrietamiento</i>
X2	14817.58	10193.04	<i>Sin agrietamiento</i>
X3	6972.05	653.16	<i>Sin agrietamiento</i>
X4	9616.11	2184.69	<i>Sin agrietamiento</i>
X5	7543.23	1715.01	<i>Sin agrietamiento</i>
Y1	29165.61	18003.75	<i>Sin agrietamiento</i>
Y2	33836.21	12496.86	<i>Sin agrietamiento</i>
Y3	13958.95	2210.04	<i>Sin agrietamiento</i>
Y4	30008.66	15710.91	<i>Sin agrietamiento</i>
Y5	30549.24	14801.91	<i>Sin agrietamiento</i>

Fuente: Elaboración propia

4. Diseño de columnas de confinamiento

a. Fuerzas internas de columnas de confinamiento

Las fuerzas internas se calcularán aplicando las fórmulas de la Figura 41 de la Norma E.070

FUERZAS INTERNAS EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO			
COLUMNA	V_c (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c - 1)}$	$V_{m1} \cdot \frac{h}{L} - P_c$	$P_c - \frac{V_{m1} \cdot h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c - 1)}$	$F - P_c$	$P_c - F$

Donde:

$M = M_{y1} - 1/2 V_{m1} \cdot h$ («h» es la altura del primer piso).
 $F = M/L$ = fuerza axial en las columnas extremas producidas por «M».

N_c = número de columnas de confinamiento (en muros de un paño $N_c = 2$)

L_m = longitud del paño mayor ó 0,5 L, lo que sea mayor (en muros de un paño $L_m = L$)

P_c = es la sumatoria de las cargas gravitacionales siguientes: carga vertical directa sobre la columna de confinamiento; mitad de la carga axial sobre el paño de muro a cada lado de la columna; y, carga proveniente de los muros transversales de acuerdo a su longitud tributaria indicada en el Artículo 24 (24.6).

Figura 41. Fuerzas internas en columnas de confinamiento

Fuente: Norma E.070

a) Primer nivel

Tabla 116. Fuerzas internas en columnas de confinamiento en el primer nivel

MURO	M (kg-m)	Long. Paño Mayor, Lm (m)	0.5 L (m)	F (kg)	# de Columnas Nc	Pc (kg)	Vc (kg)	T (kg)	C (kg)
X1	6292.98	3.18	1.59	1978.92	2	7837.07	9059.28	-5858.14	9815.99
X2	4828.35	3.03	1.52	1593.51	2	8315.31	8826.98	-6721.79	9908.82
X3	-1906.93	1.36	0.68	1402.15	2	5199.71	2345.75	-3797.56	6601.86
X4	-124.73	2.02	1.01	61.75	2	4048.36	4962.77	-3986.61	4110.10
X5	-1540.76	1.59	0.80	969.03	2	2694.52	3505.07	-1725.49	3663.55
Y1	-7961.19	3.03	3.08	2589.00	2	8494.98	7994.07	-5905.98	11083.98
Y2	-3040.65	3.17	3.54	858.94	2	10069.87	9236.32	-9210.93	10928.81
Y3	-9756.80	1.21	1.45	6728.83	2	6193.25	4021.12	535.59	12922.08
Y4	24861.71	1.36	3.08	8085.11	2	13737.89	8597.01	-5652.78	21822.99
Y5	33118.74	3.30	3.18	10035.98	2	11403.48	8893.63	-1367.49	21439.46

Fuente: Elaboración propia

b) Segundo nivel

Tabla 117. Fuerzas internas en columnas de confinamiento en el segundo nivel

MURO	M (kg-m)	Long. Paño Mayor, Lm (m)	0.5 L (m)	F (kg)	# de Columnas Nc	Pc (kg)	Vc (kg)	T (kg)	C (kg)
X1	-2501.28	3.18	1.59	786.57	2	4475.24	8286.07	-3688.67	5261.81
X2	-4161.45	3.03	1.52	1373.42	2	4464.37	7941.26	-3090.95	5837.78
X3	-6437.65	1.36	0.68	4733.57	2	3390.02	3049.18	1343.55	8123.59
X4	-7426.43	2.02	1.01	3676.45	2	2140.52	5101.96	1535.94	5816.97
X5	-6851.06	1.59	0.80	4308.84	2	1526.03	3979.37	2782.82	5834.87
Y1	-23314.12	3.03	3.08	7581.83	2	5209.32	7616.22	2372.51	12791.15
Y2	-22614.96	3.17	3.54	6388.41	2	6628.26	8840.53	-239.85	13016.66
Y3	-17106.52	1.21	1.45	11797.60	2	3680.40	3732.15	8117.21	15478.00
Y4	-3388.52	1.36	3.08	1101.96	2	8906.55	8041.40	-7804.59	10008.51
Y5	-356.10	3.30	3.18	107.91	2	7072.18	8375.92	-6964.27	7180.08

Fuente: Elaboración propia

c) Tercer nivel

Tabla 118. Fuerzas internas en columnas de confinamiento en el tercer nivel

MURO	M (kg-m)	Long. Paño Mayor, Lm (m)	0.5 L (m)	F (kg)	# de Columnas Nc	Pc (kg)	Vc (kg)	T (kg)	C (kg)
X1	-8383.51	3.18	1.59	2636.32	2	1434.06	7586.59	1202.26	4070.38
X2	-9502.40	3.03	1.52	3136.10	2	2149.27	7408.79	986.84	5285.37
X3	-7548.73	1.36	0.68	5550.54	2	1663.06	3486.02	3887.48	7213.60
X4	-9585.67	2.02	1.01	4745.38	2	862.67	4808.05	3882.71	5608.05
X5	-7536.55	1.59	0.80	4739.97	2	622.76	3771.61	4117.21	5362.73
Y1	-26146.13	3.03	3.08	8502.81	2	2384.82	7291.40	6117.99	10887.62
Y2	-30455.38	3.17	3.54	8603.21	2	3311.08	8459.05	5292.14	11914.29
Y3	-15340.35	1.21	1.45	10579.55	2	1572.49	3489.74	9007.06	12152.04
Y4	-19768.48	1.36	3.08	6428.77	2	4217.52	7502.16	2211.25	10646.29
Y5	-18410.13	3.30	3.18	5578.83	2	3408.34	7937.99	2170.49	8987.17

Fuente: Elaboración propia

b. Determinación de la sección y refuerzo de columna de confinamiento

Se calcula el área del núcleo A_n mediante la siguiente fórmula:

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s f_y}{0.85 \delta f'_c}$$

Donde:

$\phi = 0.7$ o 0.75 , según se utilice estribos cerrados o zunchos, respectivamente

$\delta = 0.8$ para columnas sin muros transversales

$\delta = 1$ para columnas confinadas por muros transversales

La sección transversal de la columna (A_c) será igual al área del núcleo A_n más los recubrimientos, y no deberá ser menor que el área requerida por corte-fricción A_{cf} .

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0.2 f'_c \phi} \geq A_c \geq 15t(\text{cm}^2)$$

Donde: $\phi = 0.85$

El refuerzo vertical A_s será igual a la suma del refuerzo requerido por corte fricción A_{sf} más el refuerzo requerido por tracción A_{st}

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq \frac{0.1 f'_c A_c}{f_y} \text{ (mínimo } 4\phi 8\text{mm)}$$

Donde:

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y \cdot \mu \phi}$$

$$A_{st} = \frac{T}{f_y \cdot \phi}$$

Donde:

μ = Coeficiente de fricción 0.8 para juntas sin tratamiento y 1.0 para juntas en las que se haya eliminado la lechada del cemento y sea intencionalmente rugosa.

ϕ = factor de reducción de resistencia 0.8

a) Primer nivel

Tabla 119. Sección en el primer nivel

MURO	δ	Diámetro de Varilla Longitudinal	# de Varillas	Arreglo	As min (cm ²)	Ancho de Columna t (cm)	Largo mínimo de Columna b (cm)	An (cm ²)	Acf (cm ²)	Amin (cm ²)	Areq (cm ²)	bn (cm)	b Calculado (cm)	b Real (cm)	t Real (cm)
X1	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	33.5	253.8	210.0	253.8	25.38	29.38	30	14
X2	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	34.2	247.3	210.0	247.3	24.73	28.73	30	14
X3	0.8	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	9.2	65.7	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
X4	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	-12.2	139.0	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
X5	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	-15.7	98.2	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
Y1	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	43.6	223.9	210.0	223.9	22.39	26.39	30	14
Y2	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	42.4	258.7	210.0	258.7	25.87	29.87	30	14
Y3	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	58.4	112.6	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
Y4	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	129.6	240.8	210.0	240.8	24.08	28.08	30	14
Y5	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	126.5	249.1	210.0	249.1	24.91	28.91	30	14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 120. Refuerzo de columna de confinamiento en el primer nivel

MURO	b Real (cm)	t Real (cm)	Ac (cm²)	An (cm²)	Asf (cm²)	Ast (cm²)	$\frac{0.1 * f'_c * A_c}{f_y}$ (cm²)	As requerida (cm²)	# de Varillas Long. (1)	Diám. de Varilla Long. (1)	# de Varillas Long. (2)	Diám. de Varilla Long. (2)	Arreglo As Longitudinal	As-colocado (cm²)	
X1	30	14	420.00	260.00	3.17	1.64	2.10	4.81	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
X2	30	14	420.00	260.00	3.09	1.88	2.10	4.97	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
X3	25	14	350.00	210.00	0.82	1.06	1.75	2.00	4.0	Ø 3/8"			4 Ø 3/8"	2.84	OK
X4	25	14	350.00	210.00	1.74	1.12	1.75	2.85	6.0	Ø 3/8"			6 Ø 3/8"	4.26	OK
X5	25	14	350.00	210.00	1.23	0.48	1.75	2.00	4.0	Ø 3/8"			4 Ø 3/8"	2.84	OK
Y1	30	14	420.00	260.00	2.80	1.65	2.10	4.45	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y2	30	14	420.00	260.00	3.23	2.58	2.10	5.81	4.0	Ø 1/2"	2.0	Ø 3/8"	4 Ø 1/2" + 2 Ø 3/8"	6.58	OK
Y3	25	14	350.00	210.00	1.41	0.15	1.75	2.00	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y4	30	14	420.00	260.00	3.01	1.58	2.10	4.59	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y5	30	14	420.00	260.00	3.11	0.38	2.10	3.50	6.0	Ø 3/8"			6 Ø 3/8"	4.26	OK

Fuente: Elaboración propia

a) Segundo nivel

Tabla 121. Sección en el segundo nivel

MURO	δ	Diámetro de Varilla Longitudinal	# de Varillas	Arreglo	As min (cm ²)	Ancho de Columna t (cm)	Largo mínimo de Columna b (cm)	An (cm ²)	Acf (cm ²)	Amin (cm ²)	Areq (cm ²)	bn (cm)	b Calculado (cm)	b Real (cm)	t Real (cm)
X1	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	-2.9	232.1	210.0	232.1	23.21	27.21	30	14
X2	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	1.7	222.4	210.0	222.4	22.24	26.24	30	14
X3	0.8	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	24.4	85.4	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
X4	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	1.5	142.9	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
X5	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	1.6	111.5	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
Y1	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	57.3	213.3	210.0	213.3	21.33	25.33	30	14
Y2	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	59.1	247.6	210.0	247.6	24.76	28.76	30	14
Y3	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	78.8	104.5	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
Y4	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	35.0	225.2	210.0	225.2	22.52	26.52	30	14
Y5	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	12.4	234.6	210.0	234.6	23.46	27.46	30	14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 122. Refuerzo de columna de confinamiento en el segundo nivel

MURO	b Real (cm)	t Real (cm)	Ac (cm ²)	An (cm ²)	Asf (cm ²)	Ast (cm ²)	$\frac{0.1 * f'_c * A_c}{f_y}$ (cm ²)	As requerida (cm ²)	# de Varillas Long. (1)	Diám. de Varilla Long. (1)	# de Varillas Long. (2)	Diám. de Varilla Long. (2)	Arreglo As Longitudinal	As-colocado (cm ²)	
X1	30	14	420.00	260.00	2.90	1.03	2.10	3.93	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
X2	30	14	420.00	260.00	2.78	0.87	2.10	3.65	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
X3	25	14	350.00	210.00	1.07	0.38	1.75	2.00	4.0	Ø 3/8"			4 Ø 3/8"	2.84	OK
X4	25	14	350.00	210.00	1.79	0.43	1.75	2.22	4.0	Ø 3/8"			4 Ø 3/8"	2.84	OK
X5	25	14	350.00	210.00	1.39	0.78	1.75	2.17	4.0	Ø 3/8"			4 Ø 3/8"	2.84	OK
Y1	30	14	420.00	260.00	2.67	0.66	2.10	3.33	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y2	30	14	420.00	260.00	3.10	0.07	2.10	3.16	4.0	Ø 1/2"	2.0	Ø 3/8"	4 Ø 1/2" + 2 Ø 3/8"	6.58	OK
Y3	25	14	350.00	210.00	1.31	2.27	1.75	3.58	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y4	30	14	420.00	260.00	2.82	2.19	2.10	5.00	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y5	30	14	420.00	260.00	2.93	1.95	2.10	4.88	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK

Fuente: Elaboración propia

b) Tercer nivel

Tabla 123. Sección en el tercer nivel

MURO	δ	Diámetro de Varilla Longitudinal	# de Varillas	Arreglo	As min (cm ²)	Ancho de Columna t (cm)	Largo mínimo de Columna b (cm)	An (cm ²)	Acf (cm ²)	Amin (cm ²)	Areq (cm ²)	bn (cm)	b Calculado (cm)	b Real (cm)	t Real (cm)
X1	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	-12.5	212.5	210.0	212.5	21.25	25.25	30	14
X2	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	-2.8	207.5	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
X3	0.8	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	15.3	97.6	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
X4	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	-0.2	134.7	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
X5	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	-2.1	105.6	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
Y1	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	42.1	204.2	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
Y2	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	50.3	236.9	210.0	236.9	23.69	27.69	30	14
Y3	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	52.2	97.8	210.0	210.0	21.00	25.00	25	14
Y4	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	40.1	210.1	210.0	210.1	21.01	25.01	30	14
Y5	1.0	Ø 8mm	4.0	4 Ø 8mm	2.00	14.00	15.00	26.9	222.4	210.0	222.4	22.24	26.24	30	14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 124. Refuerzo de columna de confinamiento en el tercer nivel

MURO	b Real (cm)	t Real (cm)	Ac (cm ²)	An (cm ²)	Asf (cm ²)	Ast (cm ²)	$\frac{0.1 * f'_c * A_c}{f_y}$ (cm ²)	As requerida (cm ²)	# de Varillas Long. (1)	Diám. de Varilla Long. (1)	# de Varillas Long. (2)	Diám. de Varilla Long. (2)	Arreglo As Longitudinal	As-colocado (cm ²)	
X1	30	14	420.00	260.00	2.66	0.34	2.10	2.99	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
X2	25	14	350.00	210.00	2.59	0.28	1.75	2.87	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
X3	25	14	350.00	210.00	1.22	1.09	1.75	2.31	4.0	Ø 3/8"			4 Ø 3/8"	2.84	OK
X4	25	14	350.00	210.00	1.68	1.09	1.75	2.77	4.0	Ø 3/8"			4 Ø 3/8"	2.84	OK
X5	25	14	350.00	210.00	1.32	1.15	1.75	2.47	4.0	Ø 3/8"			4 Ø 3/8"	2.84	OK
Y1	25	14	350.00	210.00	2.55	1.71	1.75	4.27	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y2	30	14	420.00	260.00	2.96	1.48	2.10	4.44	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y3	25	14	350.00	210.00	1.22	2.52	1.75	3.74	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y4	30	14	420.00	260.00	2.63	0.62	2.10	3.25	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK
Y5	30	14	420.00	260.00	2.78	0.61	2.10	3.39	4.0	Ø 1/2"			4 Ø 1/2"	5.16	OK

Fuente: Elaboración propia

c. Determinación de los estribos de confinamiento

El Esparcimiento de los estribos será el menor de los siguientes valores:

$$S_1 = \frac{A_v f_y}{0.3 t_n \cdot f'_c (A_c/A_n - 1)}$$

$$S_2 = \frac{A_v f_y}{0.12 t_n \cdot f'_c}$$

$$S_3 = \frac{d}{4} \geq 5\text{cm}$$

$$S_4 = 10\text{cm}$$

Donde:

d = peralte de la columna

t_n = espesor del núcleo confinado

A_v = suma de las ramas paralelas del estribo

a) Primer nivel

Tabla 125. Estribos de confinamiento en el primer nivel

MURO	b Real (cm)	t Real (cm)	tn (cm)	Ø de Estribo = Av/2 (cm ²)	S1 (cm)	S2 (cm)	S3 (cm)	S4 (cm)	S Colocado (cm)	Zona de Confinamiento max(1.5xd ó 45cm) (cm)	Arreglo As Estribos
X1	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X2	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X3	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X4	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X5	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y1	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y2	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y3	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y4	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y5	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm

Fuente: Elaboración propia

b) Segundo nivel

Tabla 126. Estribos de confinamiento en el segundo nivel

MURO	b Real (cm)	t Real (cm)	tn (cm)	Ø de Estribo = Av/2 (cm²)	S1 (cm)	S2 (cm)	S3 (cm)	S4 (cm)	S Colocado (cm)	Zona de Confinamiento max(1.5xd ó 45cm) (cm)	Arreglo As Estribos
X1	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X2	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X3	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X4	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X5	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y1	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y2	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y3	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y4	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y5	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07 5.00	45.00 45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm

Fuente: Elaboración propia

c) Tercer nivel

Tabla 127. Estribos de confinamiento en el tercer nivel

MURO	b Real (cm)	t Real (cm)	tn (cm)	Ø de Estribo = Av/2 (cm²)	S1 (cm)	S2 (cm)	S3 (cm)	S4 (cm)	S Colocado (cm)	Zona de Confinamiento max(1.5xd ó 45cm) (cm)	Arreglo As Estribos		
X1	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X2	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X3	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X4	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X5	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y1	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y2	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y3	25	14	10	Ø 6mm 0.28	5.60	9.33	5.75	10.00	5.60	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y4	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y5	30	14	10	Ø 6mm 0.28	6.07	9.33	7.00	10.00	6.07	5.00	45.00	45.00	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm

Fuente: Elaboración propia

d. Diseño de vigas soleras

La viga solera estará diseñada a tracción pura, y soportará una fuerza igual a T_s . Para el cálculo emplearemos las siguientes formulas:

$$T_s = V_m \frac{L_m}{2L}$$

$$A_{s1} = \frac{T_s}{\phi * f_y}$$

$$A_{s2} = \frac{0.1 * f'_c * A_{cs}}{f_y}$$

Donde:

T_s = fuerza de tracción en viga solera

V_m = resistencia a corte de entrepiso

L_m = Longitud del paño mayor en muro confinado

L = Longitud total del muro incluyendo las columnas de confinamiento

A_s = área del acero

A_{cs} = área de la sección transversal de la solera

a. Vigas soleras primer nivel

Tabla 128. Vigas soleras en el primer nivel-parte 1

MURO	b (cm)	h (cm)	Ts (kg)	As1	As2	Diámetro de Varilla Longitudinal	# de Varillas Longitudinales	As min (cm ²)	As Requerida (cm ²)	# de Varillas Long. (1)	Diám. de Varilla Long. (1)
X1	30	20	9059.28	2.40	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
X2	30	20	8826.98	2.34	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
X3	30	20	2345.75	0.62	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
X4	30	20	4962.77	1.31	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
X5	30	20	3505.07	0.93	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y1	30	20	7994.07	2.11	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y2	30	20	9236.32	2.44	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y3	30	20	4021.12	1.06	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y4	30	20	8597.01	2.27	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y5	30	20	8893.63	2.35	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

Tabla 129. Vigas soleras en el segundo nivel-parte2

MURO	Arreglo	As-colocado (cm ²)		Av (cm ²)		Arreglo As Estribos
X1	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X2	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X3	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X4	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X5	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y1	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y2	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y3	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y4	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y5	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm

Fuente: Elaboración propia

b. Vigas soleras segundo nivel

Tabla 130. Vigas soleras en el segundo nivel-parte1

MURO	b (cm)	h (cm)	Ts (kg)	As1	As2	Diámetro de Varilla Longitudinal	# de Varillas Longitudinales	As min (cm ²)	As Requerida (cm ²)	# de Varillas Long. (1)	Diám. de Varilla Long. (1)
X1	30	20	8286.07	2.19	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
X2	30	20	7941.26	2.10	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
X3	30	20	3049.18	0.81	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
X4	30	20	5101.96	1.35	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
X5	30	20	3979.37	1.05	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y1	30	20	7616.22	2.01	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y2	30	20	8840.53	2.34	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y3	30	20	3732.15	0.99	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y4	30	20	8041.40	2.13	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"
Y5	30	20	8375.92	2.22	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

Tabla 131. Vigas soleras en el segundo nivel-parte2

MURO	Arreglo	As-colocado (cm ²)		Av (cm ²)		Arreglo As Estribos
X1	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X2	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X3	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X4	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X5	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y1	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y2	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y3	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y4	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y5	6 Ø 3/8"	4.26	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm

Fuente: Elaboración propia

c. Vigas soleras tercer nivel

Tabla 132. Vigas soleras en el tercer nivel-parte 1

MURO	b (cm)	h (cm)	Ts (kg)	As1	As2	Diámetro de Varilla Longitudinal	# de Varillas Longitudinales	As min (cm ²)	As Requerida (cm ²)	# de Varillas Long. (1)	Diám. de Varilla Long. (1)
X1	30	20	7586.59	2.01	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm
X2	30	20	7408.79	1.96	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm
X3	30	20	3486.02	0.92	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm
X4	30	20	4808.05	1.27	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm
X5	30	20	3771.61	1.00	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm
Y1	30	20	7291.40	1.93	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm
Y2	30	20	8459.05	2.24	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm
Y3	30	20	3489.74	0.92	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm
Y4	30	20	7502.16	1.98	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm
Y5	30	20	7937.99	2.10	3.00	Ø 8mm	4.0	2.00	3.00	6.0	Ø 8mm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 133. Vigas soleras en el tercer nivel-parte 2

MURO	Arreglo	As-colocado (cm ²)		Av (cm ²)		Arreglo As Estribos
X1	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X2	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X3	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X4	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
X5	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y1	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y2	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y3	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y4	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y5	6 Ø 8mm	3.00	OK	Ø 6mm	0.28	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm

Fuente: Elaboración propia

d. Diseño final de la albañilería confinada

Tabla 134. Albañilería confinada en el primer nivel

CODIGO	MURO		COLUMNA DE CONFINAMIENTO							VIGA SOLERA				
	REFUERZO	b (cm)	T (cm)	As Longitudinal	Estribos			B (cm)	H (cm)	As Longitudinal	Estribos			
PRIMER NIVEL	X1	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[]	Ø 6mm	=	30	20	6 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=
							9@5cm,4@10cm,rto@25 cm						1@5cm,4@10cm,rto@25 cm	
	X2	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[]	Ø 6mm	=	30	20	6 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=
							9@5cm,4@10cm,rto@25 cm						1@5cm,4@10cm,rto@25 cm	
	X3	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=	30	20	6 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=
							9@5cm,4@10cm,rto@25 cm						1@5cm,4@10cm,rto@25 cm	
X4	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	6 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=	30	20	6 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=	
						9@5cm,4@10cm,rto@25 cm						1@5cm,4@10cm,rto@25 cm		
X5	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=	30	20	6 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=	
						9@5cm,4@10cm,rto@25 cm						1@5cm,4@10cm,rto@25 cm		
Y1	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[]	Ø 6mm	=	30	20	6 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=	
						9@5cm,4@10cm,rto@25 cm						1@5cm,4@10cm,rto@25 cm		
Y2	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2" + 2 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=	30	20	6 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=	
						9@5cm,4@10cm,rto@25 cm						1@5cm,4@10cm,rto@25 cm		
Y3	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 1/2"	[]	Ø 6mm	=	30	20	6 Ø 3/8"	[]	Ø 6mm	=	
						9@5cm,4@10cm,rto@25 cm						1@5cm,4@10cm,rto@25 cm		

Y4	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 30 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
Y5	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 30 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm

Fuente: Elaboración propia



Tabla 135. Albañilería confinada en el segundo nivel

CODIGO	MURO	COLUMNA DE CONFINAMIENTO				VIGA SOLERA			
	REFUERZO	b (cm)	t (cm)	As Longitudinal	Estribos	b (cm)	h (cm)	As Longitudinal	Estribos
SEGUNDO NIVEL	X1	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	X2	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	X3	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	X4	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	X5	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y1	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y2	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2" + 2 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y3	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y4	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y5	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8" [] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 136. Albañilería confinada en el tercer nivel

	CODIGO	MURO	COLUMNA DE CONFINAMIENTO				VIGA SOLERA			
		REFUERZO	b (cm)	t (cm)	As Longitudinal	Estribos	b (cm)	h (cm)	As Longitudinal	Estribos
TERCER NIVEL	X1	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	X2	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	X3	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	X4	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	X5	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y1	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y2	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y3	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	25	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y4	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm
	Y5	1 Ø 6mm@ 2 hiladas	30	14	4 Ø 1/2"	[] Ø 6mm = 9@5cm,4@10cm,rto@25 cm	30	20	6 Ø 3/8"	[] Ø 6mm = 1@5cm,4@10cm,rto@25 cm

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

5. CAPÍTULO V ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

5.1 Fabricación de ecoladrillo PET

5.1.1 Materiales

Para el cálculo del costo de fabricación de un ecoladrillo PET, partimos de la dosificación de materiales de cada diseño (CA' y DC') para la elaboración de 01 unidad de ecoladrillo:

Tabla 137. Costos de materiales del diseño

DISEÑO CA'	
MATERIALES	CANTIDAD
PET (kg)	0.4000
Cemento (kg)	1.3900
Arena Gruesa (m3)	0.0002
Agua (m3)	0.0012

Fuente: Elaboración propia

Consideramos, además, el costo y rendimiento de los moldes utilizados para la elaboración de estas unidades.

5.1.2 Mano de obra y rendimientos

Para la elaboración de ambos diseños se pudo hallar un rendimiento de 556 ecoladrillos por día con dos ayudantes y sus herramientas y equipos correspondiente, esto para una jornada de 8 horas/día.

5.1.3 Equipo y herramientas

Consideramos 3% de herramientas manuales y una mezcladora de concreto de 9 a 11p3

5.1.4 Análisis de precios unitarios

Finalmente tenemos un APU para cada diseño (CA' y DC'):

Tabla 138. Análisis de precios unitarios del diseño CA'

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FABRICACIÓN DE ECOLADRILLO DISEÑO CA'						
PARTIDA	JORNADA	8	h/d	RENDIMIENTO	556	ladrillo/ día
RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA						S/0.23
Peón	hh	2.0	0.0288	S/8.13	S/0.23	
MATERIALES						S/0.82
PET	kg		0.4000	S/0.30	S/0.12	
Cemento	kg		1.3900	S/0.42	S/0.59	
Arena Gruesa	m3		0.0002	S/30.00	S/0.00	
Agua	m3		0.0012	S/8.88	S/0.01	
Moldes	und		0.0020	S/50.00	S/0.10	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						S/0.03
Herramientas	%		3.0000	S/0.23	S/0.01	
Manuales						
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.0050	S/3.75	S/0.02	
					PU	S/1.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 139. Análisis de precios unitarios del diseño DC'

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PARTIDA		FABRICACIÓN DE ECOLADRILLO DISEÑO DC'				
		JORNADA	8 h/d	RENDIMIENTO		556 ladrillo/día
RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA						S/0.23
Peón	hh	2.0	0.0288	S/8.13	S/0.23	
MATERIALES						S/0.71
PET	kg		0.3780	S/0.30	S/0.11	
Cemento	kg		1.1100	S/0.42	S/0.47	
Arena Gruesa	m3		0.0005	S/30.00	S/0.02	
Agua	m3		0.0012	S/8.88	S/0.01	
Moldes	und		0.0020	S/50.00	S/0.10	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						S/0.03
Herramientas Manuales	%		3.0000	S/0.23	S/0.01	
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.0050	S/3.75	S/0.02	
					PU	S/0.97

Fuente: Elaboración propia

5.2 Análisis comparativo de costos

Realizaremos una evaluación y comparación de costos de asentado de un muro a base de ecoladrillo PET, ladrillo de arcilla artesanal, bloqueta de concreto y ladrillo industrial King Kong.

5.2.1 Muro a Base de Ecoladrillo PET

- ✓ Unidad de albañilería: Ecoladrillo PET CA'
- ✓ Medidas: 24cm x 14cm x 9cm
- ✓ Cantidad de ladrillos por m² de muro: 42 unidades
- ✓ Mortero: 1:4 1.0cm de espesor
- ✓ Cantidad de mortero por m² de muro: 0.020 m³
- ✓ Cuadrilla: 0.1 capataz + 1 operario + 0.5 peón
- ✓ Rendimiento: 10m²/día

Tabla 140. Análisis de precios unitarios del diseño CA'

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PARTIDA:		MURO DE ECOLADRILLO PET CA' SOGA M:1:1:4 E=1.0 cm				
	JORNADA	8	h/d	RENDIMIENTO	10	m2/día
				O		
RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA						S/23.04
Capataz	hh	0.1	0.080	S/22.16	S/1.77	
Operario	hh	1.0	0.800	S/19.27	S/15.42	
Peón	hh	0.5	0.400	S/14.62	S/5.85	
MATERIALES						S/51.42
Ecoladrillo PET CA' 24cm x 14cm x 9cm	und		42.000	S/1.08	S/45.36	
Cemento Portland Tipo I	bls		0.169	S/17.70	S/2.99	
Arena Gruesa	m3		0.023	S/40.00	S/0.92	
Agua	m3		0.008	S/12.00	S/0.10	
Madera Tornillo 4"x 4"x 3m	pza		0.403	S/5.10	S/2.06	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						S/1.15
Herramientas Manuales	%		5	S/23.04	S/1.15	
					PU	S/75.61

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Muro a base de ladrillo de arcilla artesanal

- ✓ Unidad de albañilería: Ladrillo de arcilla artesanal.
- ✓ Medidas: 23.5cm x 14cm x 7cm
- ✓ Cantidad de ladrillos por m2 de muro: 54 unidades
- ✓ Mortero: 1:4 1.0cm de espesor
- ✓ Cantidad de mortero por m2 de muro: 0.024 m3
- ✓ Cuadrilla: 0.1 capataz + 1 operario + 0.5 peón
- ✓ Rendimiento: 10m2/día

Tabla 141. Análisis de precios unitarios del muro de ladrillo artesanal sogá

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PARTIDA:		MURO DE LADRILLO ARTESANAL SOGA M:1:1:4 E=1.0 cm				
		JORNADA	8 h/d	RENDIMIENTO	10 m2/día	
RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA						S/23.04
Capataz	hh	0.1	0.080	S/22.16	S/1.77	
Operario	hh	1.0	0.800	S/19.27	S/15.42	
Peón	hh	0.5	0.400	S/14.62	S/5.85	
MATERIALES						S/44.57
Ladrillo Artesanal 23.5cm x 14cm x 7cm	und		54.000	S/0.70	S/37.80	
Cemento Portland Tipo I	bls		0.200	S/17.70	S/3.54	
Arena Gruesa	m3		0.027	S/40.00	S/1.08	
Agua	m3		0.008	S/12.00	S/0.09	
Madera Tornillo 4"x 4"x 3m	pza		0.403	S/5.10	S/2.06	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						S/1.15
Herramientas Manuales	%		5	S/23.04	S/1.15	
					PU	S/68.75

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Muro a base de bloqueta de concreto

- ✓ Unidad de albañilería: Bloqueta de Concreto
- ✓ Medidas: 40cm x 15cm x20cm
- ✓ Cantidad de bloquetas por m2 de muro: 12 unidades
- ✓ Mortero: 1:4 1.5cm de espesor
- ✓ Cantidad de mortero por m2 de muro: 0.016 m3
- ✓ Cuadrilla: 0.1 capataz + 1 operario + 1 peón
- ✓ Rendimiento: 10.72m2/día

Tabla 142. Análisis de precios unitarios del muro de bloqueta de concreto sogá

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PARTIDA: MURO DE BLOQUETA DE CONCRETO SOGA M:1:1:4 E=1.5 cm						
JORNADA		8 h/d	RENDIMIENTO		10.72 m2/día	
RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA						S/26.94
Capataz	hh	0.1	0.075	S/22.16	S/1.65	
Operario	hh	1.0	0.746	S/19.27	S/14.38	
Peón	hh	1.0	0.746	S/14.62	S/10.91	
MATERIALES						S/29.83
Bloqueta de Concreto 40cm x 15cm x 20cm	und		12.000	S/2.04	S/24.48	
Cemento Portland Tipo I	bls		0.139	S/17.70	S/2.46	
Arena Gruesa	m3		0.019	S/40.00	S/0.76	
Agua	m3		0.006	S/12.00	S/0.07	
Madera Tornillo 4"x 4"x 3m	pza		0.403	S/5.10	S/2.06	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						S/1.35
Herramientas Manuales	%		5	S/26.94	S/1.35	
					PU	S/58.12

Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Muro a base de ladrillo King Kong 18 huecos

- ✓ Unidad de albañilería: Ladrillo King Kong 18 Huecos Tipo V
- ✓ Medidas: 24cm x 13cm x 9cm
- ✓ Cantidad de ladrillos por m² de muro: 39 unidades
- ✓ Mortero: 1:4 1.5cm de espesor
- ✓ Cantidad de mortero por m² de muro: 0.026 m³
- ✓ Cuadrilla: 0.1 capataz + 1 operario + 1 peón
- ✓ Rendimiento: 10m²/día



Tabla 143. Análisis de precios unitarios de muro de ladrillo KK tipo V sogá

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PARTIDA: MURO DE LADRILLO KK TIPO V SOGA M:1:1:4 E=1.5 cm						
JORNADA		8 h/d		RENDIMIENTO		10 m2/día
RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA						S/23.04
Capataz	hh	0.1	0.080	S/22.16	S/1.77	
Operario	hh	1.0	0.800	S/19.27	S/15.42	
Peón	hh	0.5	0.400	S/14.62	S/5.85	
MATERIALES						S/58.79
Ladrillo KK INFES Tipo V 9X13X24 cm	und		39.000	S/1.32	S/51.48	
Cemento Portland Tipo I	bls		0.224	S/17.70	S/3.96	
Arena Gruesa	m3		0.030	S/40.00	S/1.20	
Agua	m3		0.008	S/12.00	S/0.09	
Madera Tornillo 4"x 4"x 3m	pza		0.403	S/5.10	S/2.06	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						S/1.15
Herramientas Manuales	%		5	S/23.04	S/1.15	
					PU	S/82.98

Fuente: Elaboración propia

5.2.5 Análisis comparativo

Resumen:

Tabla 144. Costos de albañilería

UNIDADES DE	COSTO (S/.)	
ALBAÑILERÍA	UNIDAD	MURO
	(unid)	(m2)
Ecoladrillo PET CA'	1.08	75.61
Ladrillo KK Tipo V	1.32	82.98
Ladrillo Artesanal Macizo	0.70	68.75
Bloqueta de Concreto	2.04	58.12

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las unidades elaboradas artesanalmente, ecoladrillo PET y ladrillo artesanal macizo, se observa un costo mayor para el ecoladrillo PET; sin embargo, esta unidad cuenta con mejores características para fines estructurales. Cabe resaltar que para la zona sísmica trabajada en la aplicación del apartado anterior el ladrillo artesanal macizo tiene la limitación de trabajar solo hasta dos pisos de edificación.

Se ha considerado la comparación con el ladrillo King Kong de Tipo V dado que el ecoladrillo PET elaborado, de acuerdo a los requerimientos de la norma E.070, ha sido clasificado como Tipo V. Si realizamos la comparación respectiva, encontramos que nuestro ecoladrillo resulta más económico tanto en unidad como por m² de muro.

CONCLUSIONES

1. Con los resultados obtenidos, pudimos verificar que el ecoladrillo de PET, es un material que puede ser empleado con fines estructurales en la construcción de viviendas, satisfaciendo así las expectativas de esta investigación.
2. De los ensayos realizados se determinó que la dosificación con la que se obtuvo los mejores resultados es: 50% Cemento - 45% PET – 5% Arena Gruesa.
3. Se comprobó que el uso de la arena en la mezcla mejora notoriamente la cohesión y trabajabilidad de la misma, ayudando a obtener mejores resultados para la clasificación de las unidades.
4. Los ecoladrillos PET poseen una resistencia a la compresión muy por encima a las unidades de ladrillo de arcilla cocida del mercado, presentando un f'_b de 208.66 kg/cm² y f'_m de 99.44 kg/cm² comparados al f'_b de 180 kg/cm² y f'_m de 65 kg/cm² que en promedio presentan el ladrillo de arcilla industrial.
5. Al poseer un elevado f'_m , posee también un alto esfuerzo axial máximo (13.94 kg/cm²) soportando fácilmente la carga de gravedad máxima de servicio de la vivienda (4.04 kg/cm²).
6. El diseño final de ecoladrillo PET cuenta con una absorción del 21.94% y succión 34.46 g/min
7. Al ser unidades que poseen cemento como material en su proceso de elaboración, se debe esperar 28 días para alcanzar su resistencia más óptima considerando los tiempos de curado desde el momento del desencofrado.
8. Nos encontramos frente a un material novedoso para la industria de la construcción sostenible. Se ha comprobado que la reutilización del plástico PET es factible para la elaboración de unidades de albañilería estructural, cuya elaboración no solo mitiga el

impacto del plástico en el medio ambiente, sino también el impacto y contaminación de los hornos utilizados en la elaboración de ladrillos de arcilla cocida.

9. Con respecto al análisis de costos y beneficios de los ecoladrillos versus los productos actuales del mercado, concluimos que los ecoladrillos tienen un beneficio mucho mayor tanto en características estructurales como en precio, además del beneficio en su aporte a la construcción sustentable.



RECOMENDACIONES

1. Es importante recolectar el material PET adecuado, el cual deberá estar previamente lavado, sin etiquetas ni tapas para su proceso de trituración.
2. El plástico PET molido, en lo posible, no deberá ser mayor a 5mm, debido a que mientras más grandes son las partículas, menor es la adhesividad.
3. No se demanda tamaños de partículas PET menores a 3mm, esto podría complicar más el proceso de trituración, y por tanto elevarse el costo, además de no ser necesario ni exigente la utilización de partículas tan pequeñas.
4. Respecto al tiempo de curado, se recomienda cumplir con los 28 días para alcanzar su mayor resistencia.
5. El ecoladrillo PET elaborado es un prototipo que aún puede ser mejorado, considerando como alternativa la adición de aditivos que permitan la aceleración en su etapa de producción y curado, así como su acabado estético final.
6. Como proyecto socio ambiental, se recomendaría la inversión por parte de las municipalidades para la fabricación o compra de un molino propio, buscando así tener un costo cero en la obtención del PET molido como materia prima, reduciendo finalmente el costo por unidad y, por tanto, el costo por m² de muro de albañilería.
7. Por los favorables resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial, se abre la posibilidad de proponer futuras investigaciones del uso del PET en elementos de concretos prefabricados (losas, vigas, cercos perimétricos, etc.)

REFERENCIAS

Recytrans. (6 de Junio de 2013). *Recytrans*. Obtenido de Recytrans:
<https://www.recytrans.com/blog/que-es-el-reciclaje/>

Afanador & Guerrero&Monroy &Richard. (1 de Junio de 2012). *redalyc.org*. Obtenido de
MAMPOSTERÍA, PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS MACIZOS
CERÁMICOS PARA: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91125275003>

Agencia EFE. (5 de Junio de 2018). *Agencia EFE*. Obtenido de Agencia EFE:
<https://www.efe.com/efe/espana/sociedad/la-onu-advierte-de-que-solo-el-9-del-plastico-usado-en-mundo-se-recicla/10004-3638488>

Alvarez, C. (9 de Julio de 2010). *El pais semanal*. Obtenido de El pais semanal:
<https://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/07/lo-que-contamina-un-ladrillo.html>

Arq. Rodriguez, A. (2007). *EVOLUCION DE LAS DIMENSIONES DE LOS LADRILLOS Y SU COORDINACIÓN*. Madrid,España: Revista electronica N°4.

Asociacion Nacional de Fabricantes de Mortero(AFAM). (05 de Agosto de 2019). *Construmática*.
Obtenido de Construmática:
https://www.construmatica.com/construpedia/Morteros_de_Alba%C3%B1iler%C3%A1Da

Botero, E., Muñoz, L., Ossa, A., & Romo, M. (2014). Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, núm. 70., 207-219. Obtenido de
<https://www.redalyc.org/pdf/430/43030033019.pdf>

Cementos YURA . (2019). *Cemento multi.proposito Portland de alta durabilidad YURA IP* . Lima ,Perú.

Concretonline. (2 de Septiembre de 2018). *Concretonline*. Obtenido de Concretonline:
<https://www.concretonline.com/morteros-revoques/morteros-para-albanileria-definiciones-y-clasificacion>

Echeverry, M. (23 de Octubre de 2017). *Xataka Colombia*. Obtenido de
<https://www.xataka.com.co/ecologia-y-naturaleza/obtiene-patente-maquina-colombiana-que-elabora-ecoladrillos-con-botellas>

El Financiero. (23 de Enero de 2020). *El Financiero*. Obtenido de
<https://www.elfinanciero.com.mx/el-preguntario/por-que-el-plastico-tarda-tanto-tiempo-en-degradarse>

Enciso, F. (2016). *Unidad de albañilería*. Chile.

Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *Revista INVI*, vol. 23, núm. 63, , 137-163.

Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *Revista INVI*, 63.

Gaggino, R., & Kreiker, J. (2015). *Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plástico reciclado involucrando actores públicos y privados* . Córdoba: Centro Experimental de la Vivienda Económica,Asociación Vivienda Económica .

Gallegos, C. (2005). Albañilería estructural. En C. Gallegos, *Albañilería estructural* (pág. 75). Lima ,Perú: PUCP.

Infante, J., & Valderrama, C. (2019). Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). *Informacion tecnologica*, vol.30 no.5.

Jumarsol. (15 de Abril de 2016). *Jumarsol*. Obtenido de Jumarsol:
<http://blogjumarsol.es/caracteristicas-los-plasticos/>

Luis, A., Rendón, N., & Korody, M. (2008). Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) – cemento. *Revista de la Facultad de Ingenieria Universidad Central de Venezuela* .

Maure, J., Candanedo, M., Madrid, J., Bolobosky, M., & Marín, N. (2018). Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas . *Universidad Tecnológica de Panamá*, 33-38.

Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de Ministerio del Ambiente:
http://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/#_ftn2

NATIONAL GEOGRAPHIC. (23 de Enero de 2020). <https://www.nationalgeographic.com.es/>.
Obtenido de <https://www.nationalgeographic.com.es/>:
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje_12714/1

Norma Técnica E. 070 Albañilería. (2006). Componentes de la albañilería. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Norma Técnica E. 070 Albañilería* (pág. 13). Lima, Perú.

Paz, E. (2014). *Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado*. Arequipa-Perú: Universidad Nacional de San Agustín.

Pérez, M. (25 de Enero de 2021). *Definición de Desarrollo Sustentable*. Obtenido de [//conceptodefinicion.de/desarrollo-sustentable/](http://conceptodefinicion.de/desarrollo-sustentable/)

PIÑEROS, M. E., & HERRERA, R. D. (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda*. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Plastics Europe. (27 de 07 de 2020). *Plastics Europe*. Obtenido de Plastics Europe:
<https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/history>

Programa Regional Aire Limpio. (2009). Materiales ,insumos ,mezcla. En *DETRAS DE LOS LADRILLOS:una experiencia para la gestión integral del sector informal*. Lima ,Perú.

QuimiNet . (04 de Diciembre de 2006). *QuimiNet* . Obtenido de QuimiNet :
<https://www.quiminet.com/articulos/la-obtencion-o-fabricacion-del-plastico-17163.htm>

Raffino, M. E. (6 de Julio de 2020). *Concepto.de*. Obtenido de Concepto.de.:
<https://concepto.de/reciclar/>

Residuos profesional. (6 de Julio de 2017). *residuosprofesional.com*. Obtenido de residuosprofesional.com: <https://www.residuosprofesional.com/fibras-pet-reciclado-construccion/>

Sanz, M. J. (7 de Febrero de 2016). *arquitecturayempresa.es*. Obtenido de arquitecturayempresa.es: [https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/ladrillos-pet-avances-en-la-construccion-ecologica#:~:text=Los%20ladrillos%20de%20polietilen%2Dtereftalato%20\(PET\)%2C%20aunque%20no,construir%20muros%20de%20menor%20espesor.](https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/ladrillos-pet-avances-en-la-construccion-ecologica#:~:text=Los%20ladrillos%20de%20polietilen%2Dtereftalato%20(PET)%2C%20aunque%20no,construir%20muros%20de%20menor%20espesor.)

Semana Sostenible. (13 de 10 de 2016). *Semana Sostenible*. Obtenido de Semana Sostenible:
<https://sostenibilidad.semana.com/negocios-verdes/articulo/plastico-pet-un-amigable-pero-no-inofensivo/36282>

Serpell, R. (21 de Octubre de 2019). *CEDEUS*. Obtenido de Construir con basura : No todo lo que brilla es sustentable : <https://www.cedeus.cl/construir-con-basura-no-todo-lo-que-brilla-es-sustentable/>

Tolozano, M. (2016). *Uso de bloques de plástico reciclado para vivienda de interés social para mejoramiento de su micro-clima, plan "socio vivienda", del cantón guayaquil, provincia del Guayas, zona 8*. Guayaquil -Ecuador: Universidad de Guayaquil.

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*. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco.

Vinicio, G. H. (20 de Enero de 2019). *Desarrollo sustentable y tecnologías verdes*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/desarrollo-sustentable-y-tecnologias-verdes/>



ANEXOS

Anexo 1: Etapas

1. Etapa II



Figura. 1. Medición de muestra con vernier (Etapa II-Variación de dimensiones)

Fuente: Propia



Figura. 2. Uso de cuña ensayo de Alabeo

Fuente: Propia



Figura. 3.Preparación del yeso calcinado

Fuente: Propia



Figura. 4.Superficie no absorbente

Fuente: Propia



Figura. 5. Aplicación del yeso semihidratado.

Fuente: Propia



Figura. 6. Unidades refrentadas

Fuente: Propia



Figura. 7. Ensayo de compresión de unidades de albañilería de PET

Fuente: Propia



Figura. 8. Rotura del diseño A

Fuente: Propia



Figura. 9. Rotura del diseño B

Fuente: Propia



Figura. 10. Rotura del diseño C

Fuente: Propia



Figura. 11. Rotura del diseño D

Fuente: Propia



Figura. 12. Rotura del diseño E.

Fuente: Propia



Figura. 13. Rotura del diseño F.

Fuente: Propia



Figura. 14. Rotura del diseño G.

Fuente: Propia



Figura. 15. Rotura del diseño H.

Fuente: Propia



Figura. 16. Rotura del diseño I.

Fuente: Propia

2. Etapa III

A. Optimización de Dosificaciones



Figura. 17.Moldes de madera .

Fuente: Propia



Figura. 18.Proceso de elaboración .Etapa III.

Fuente: Propia



Figura. 19. Muestras del diseño CA-CB-CC.

Fuente: Propia



Figura. 20. Muestras DA-DB-DC.

Fuente: Propia



Figura. 21. Muestras EA-EB- EC.

Fuente: Propia

Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA
1. Problema general: ¿Cómo sería la elaboración de un ladrillo a base de plástico PET reciclado para albañilería; ¿siendo diseñado para cumplir satisfactoriamente los requisitos exigidos en la normativa peruana, y que pueda ser producido por los mismos pobladores? 2. Problemas específicos • ¿Qué proceso se usará para la fabricación de ecoladrillos utilizando como materia prima el plástico PET, determinando la proporción óptima de este material en la mezcla? • ¿Cómo se evaluarán las propiedades físicas y mecánicas de ecoladrillos fabricados con PET para el cumplimiento de los requisitos de la norma E. 070? • ¿Cómo se darán a conocer las características y propiedades principales del ecoladrillo de PET fabricado? • ¿Cómo se diferencian los resultados obtenidos del ecoladrillo PET con los ladrillos existentes en el mercado arequipeño? • ¿Cuál es el comportamiento estructural del ecoladrillo de PET en una pequeña vivienda unifamiliar?	1. Objetivo general: • Elaborar un ladrillo a base de plástico PET reciclado para albañilería; siendo diseñado para cumplir satisfactoriamente los requisitos exigidos en la normativa peruana, y que pueda ser producido por los mismos pobladores. 2. Objetivos específicos: • Establecer un proceso de fabricación de ecoladrillos utilizando como materia prima el plástico PET, determinando la proporción óptima de este material en la mezcla. • Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ecoladrillos fabricados con PET y determinar si las mismas cumplen con los requisitos de la norma E. 070. • Elaborar una ficha técnica para el ecoladrillo de PET fabricado, dando a conocer así sus características y propiedades principales. • Establecer una matriz comparativa de los resultados obtenidos del ecoladrillo PET con los ladrillos existentes en el mercado arequipeño. • Analizar el comportamiento estructural del ecoladrillo de PET en una pequeña vivienda unifamiliar.	1. Hipótesis general: El uso del plástico reciclado PET para la fabricación de un ladrillo reciclado para albañilería; cumple satisfactoriamente los requisitos exigidos en la normativa peruana, y puede ser producido por los mismos pobladores. 2. Hipótesis específica: • El proceso de fabricación de ecoladrillos utilizando como materia prima el plástico PET determinará la proporción óptima de este material en la mezcla. • La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de ecoladrillos fabricados con PET cumplen con los requisitos de la norma E. 070. • La elaboración de una ficha técnica para el ecoladrillo de PET fabricado nos brindará información de sus características y propiedades principales. • La matriz comparativa de los resultados obtenidos demostrará la sustentabilidad del ecoladrillo PET ante los ladrillos existentes en el mercado arequipeño. • El comportamiento estructural del ecoladrillo de PET funciona en una vivienda unifamiliar de manera óptima.	Tipo de investigación Descriptiva Descripción del fenómeno en estudio, tratando de obtener una idea de la situación sin ahondar en los por qué de los resultados; enfocándose en una descripción completa Cuantitativa Basada en el estudio y análisis mediante procedimientos que utilizan la medición, obteniendo un mayor control de la deducción, pudiendo realizarse contraste de hipótesis y realización de experimentos para ello. Resultados basados en la estadística Experimental Manipulación de variables en entornos controlados, observando el efecto en las variables que se produce de dicha manipulación. Este tipo de investigación permite la aclaración de hipótesis y su contraste por medio de métodos científicos. Inductiva-Analítica Obtención de conclusiones por medio de la observación que junto a un análisis permiten realizar conclusiones aproximadas a la verdad sin generalizar o predecir hechos. Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos Cuantitativa En busca de la recolección de datos exactos, con estándares y sistemas que arrojen datos numéricos precisos, se opta por el uso de la técnica cuantitativa que aplica estadística y una mayor confiabilidad. Observación Sirve para analizar el desarrollo del fenómeno en un tiempo determinado, permitiendo la observación de las relaciones entre las variables.