

**ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA VULNERABILIDAD SISMICA
PARA EDIFICACIONES EN TAPIA PISADA EN LA CIUDAD DE
BUCARAMANGA**

**JAVIER CABALLERO ESTEBAN
DEL CY MAYERLING SOLAR SANTOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2007

**ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA VULNERABILIDAD SISMICA
PARA EDIFICACIONES EN TAPIA PISADA EN LA CIUDAD DE
BUCARAMANGA**

**JAVIER CABALLERO ESTEBAN
DELICY MAYERLING SOLAR SANTOS**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
Ingeniero Civil**

**ESPERANZA MALDONADO RONDÓN
Ingeniera Civil Ph.D Ms.C**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS CIVIL
BUCARAMANGA**

2007

TÍTULO: ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA VULNERABILIDAD SISMICA PARA EDIFICACIONES EN TAPIA PISADA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA *

AUTORES: JAVIER CABALLERO ESTEBÁN
DELICY MAYERLING SOLAR SANTOS **

PALABRAS CLAVES: Tapia Pisada, Parámetros, Formularios, Zonas de Estudio, Bucaramanga.

RESUMEN: El 11% de las edificaciones construidas en la ciudad de Bucaramanga son de Tapia Pisada, el cual es un sistema de construcción esencialmente durable perteneciente al grupo de las viviendas que imploran el seguro de la arquitectura colombiana. Este trabajo tiene como finalidad identificar y analizar los parámetros físicos de las casas de mampostería que puedan ser aplicados a las de Tapia Pisada de tal manera que en un futuro pueda evaluarse la vulnerabilidad sísmica de dichas casas.

Los datos recopilados en la investigación se consignaron en dos formularios diseñados para permitir el manejo e interpretación de la información. La muestra tomada fue de 53 casas en las que se encontraron características tales como material, proceso y año de construcción, estado de conservación, calidad del sistema resistente, aberturas, reformas, cimentación y conexiones.

De acuerdo a este estudio se pudo observar que las edificaciones de Tapia pisada que conforman la ciudad de Bucaramanga son en su mayoría de uso residencial, autocontruidas a partir del año 1900. Presentan muros en buen estado, cubiertas estables con y sin viga de soporte, carecen de conexiones entre muros y cimientos aunque poseen trabe entre sus muros. En cuanto a aberturas se refiere éstas las presentan entre el 10 y 15% del área total del muro, localizadas en la parte central y en los costados de dichos muros.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Esperanza Maldonado

TITLE: RELEVANT MATTERS ON SEISMIC VULNERABILITY FOR ADOBE-WALL BUILDINGS IN BUCARAMANGA CITY*

AUTORES: JAVIER CABALLERO ESTEBÁN
DELICY MAYERLING SOLAR SANTOS **

KEYWORDS: Adobe-wall, Parameters, Forms, Study zones, Bucaramanga.

ABSTRACT: 11% of buildings in Bucaramanga City are made of Adobe-Wall, which represents a construction system mainly durable that belongs to the group of housings that implore for the insurance of Colombian architecture. This works aims to identify and analyze physical parameters of Masonry buildings that could be applied to those of Adobe-Wall so that their seismic vulnerability could be evaluated in the future.

Collected data during the investigation was compiled into two forms which were designed to handle and interpret the information. The sample space was formed by 53 houses on which parameters such as material, building process, year of construction, quality of the resistive system, preservation conditions, restorations, foundations and connections were taken into account.

According to the accomplished study it could be observed that Adobe-Wall buildings in Bucaramanga City are mostly for residential use, self-built from 1900. They have walls in good conditions, stable covers with and without supporting beams, they lack connections between walls and foundations, thought they show blocks among their walls. About the wall openings, it was found out that they represent 10 and 15% of the total area of the walls and are located at the middle or sides of them.

* Graduation thesis

** Faculty of Physical-Mechanics engineering, Civil engineering school, Esperanza Maldonado

*Dedico este trabajo a Dios, a mis Padres,
Hermanos y todas aquellas personas que de una u
otra manera contribuyeron a realizar este trabajo*

J. C

Dedico este trabajo a Dios, a mis Padres por estar siempre ahí para apoyarme, a mis hermanos, a mis amigos y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este proyecto.

D. M. S. S

AGRADECIMIENTOS

Demostramos los más sinceros agradecimientos a la directora de este proyecto la profesora ESPERANZA MALDONADO RONDÓN, por su colaboración incondicional y al gran interés que demostró en la realización de este proyecto.

Al Arquitecto Minke Gernot, por que sus conocimientos sirvieron como orientación al trabajo realizado.

A los Arquitecto Leonidas Barrios, Marta Isaza, por su colaboración en el prestamos de material bibliográfico que resulto de mucha utilidad para la realización de este proyecto.

Al grupo Acuarela por la invitación a la construcción del mercado campesino localizado en la mesa de los santos.

Al Ingeniero Santiago Rivero Bolaños, por la invitación a la Fundación Tierra.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	4
2.1 HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA.....	4
2.2 TECNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES.....	7
2.2.1 Tapia Pisada.....	7
2.2.2 Adobe	9
2.3 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....	10
2.3.1 Herramientas	10
2.3.2 El Proceso Constructivo.....	15
2.4 ELEVACION DE MUROS	34
2.4.1 Método de Lyon y de Alvernia	34
2.4.2 Método de Bugey	36
2.4.3 Juntas Verticales y Juntas Oblicuas	36
CAPITULO III: TAPIA EN BUCARAMANGA.....	38
3.1 HISTORIA.....	38
3.2 ZONIFICACIÓN DE BUCARAMANGA	45
3.3 ZONIFICACIÓN DE TAPIA EN BUCARAMANGA	46
3.3.1 Zona Seis.....	47
3.3.2 Zona Siete	49
3.3.3 Zona Ocho.....	50
3.3.4 Zona Nueve	51
3.3.5 Zona Quince	52
3.3.6 Zona Dieciséis	53
CAPITULO IV: TRABAJO DE CAMPO.....	54
FASE I	56

FASE II	60
4.2 INTERPRETACIÓN DEL TRABAJO EN CAMPO	61
4.2.1 Uso de las Edificaciones.....	61
4.2.2 Sistemas de Construcción	62
4.2.3 Cubierta	63
4.2.4 Estado de Conservación.....	65
4.2.5 Aberturas	65
4.2.6 Reformas	66
4.3 EDIFICACIONES EN DEMOLICIÓN.....	67
4.3 TIPOLOGIA ARQUITECTONICA POR ZONAS.....	70
CAPITULO V: COMPORTAMIENTO SISMICO	71
5.1 EFECTOS DE LOS SISMOS EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y TAPIA PISADA	72
5.2 REQUISITOS CONSTRUCTIVOS Y DE DISEÑO	74
5.3 FORMA DE LA PLANTA.....	76
5.4 DAÑOS TÍPICOS POR MOVIMIENTOS SÍSMICOS Y ERRORES DE DISEÑO	79
5.5 EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A CARGAS LATERALES, MODELO DE ABRAMS PARA MAMPOSTERÍA NO REFORZADA	81
5.5.1 Capacidad de Resistencia Lateral por Flexo-Compresión.....	83
5.5.2 Capacidad de Resistencia Lateral por Corte	85
5.6 PARÁMETROS.....	90
5.6.1 Distribución de los Muros.....	90
5.6.2 Tipo y Organización Estructural.....	91
5.6.3 Calidad del Sistema Resistente	92
5.6.4 Relación Demanda - Calidad	95
5.6.5 Suelos y Pendientes	96
5.6.6 Configuración en Planta.....	98
5.6.7 Entrepisos.....	99
5.6.8 Cubierta o Sistemas de Techo.....	100
5.6.9 Aberturas en los Muros.....	102
5.6.10 Estado de Conservación.....	103
5.6.11 Elementos no Estructurales.....	104
5.6.12 Edad	104
5.7 ILUSTRACION DE PARAMETROS.....	105

5.8	ANÁLISIS GENERAL DE PARÁMETROS.....	106
5.8.1	Distribución de Muros	106
5.8.2	Tipo y Organización Estructural.....	106
5.8.3	Calidad del Sistema Resistente	107
5.8.4	Suelos y Pendientes	107
5.8.5	Configuración en Planta.....	108
5.8.6	Cubierta o Sistemas de Techo.....	109
5.8.7	Aberturas	109
5.8.8	Estado de Conservación.....	110
5.8.9	Elementos no Estructurales	111
5.8.10	Edad	111
5.8.11	Relación Demanda - Calidad.....	112
5.9	ANÁLISIS ESPECÍFICO POR ZONAS	122
5.9.1	Zona Seis.....	122
5.9.2	Zona Siete	125
5.9.3	Zona Ocho	128
5.9.4	Zona Nueve	131
5.9.5	Zona Trece	134
5.9.6	Zona Quince	137
5.9.7	Zona Dieciséis	139
6.1	PROCESO CONSTRUCTIVO MERCADO CAMPESINO MESA DE LOS SANTOS.....	142
	CONCLUSIONES	151
	RECOMENDACIONES.....	153
	REFERENCIAS	154
	ANEXOS A: FORMULARIOS	156
	ANEXOS B: GUÍA DE LOS FORMULARIOS.....	161
	ANEXOS C: FOTOS Y PLANOS.....	165

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Valle de Draa, Maruecos.....	4
Figura 2. Gran mezquita, Mopti, Mali.	5
Figura 3. Mezquita, Kashan, Irán.	6
Figura 4: Construcción en Tapia Pisada.	8
Figura 5. Distribución mundial de arquitectura en adobe.	9
Figura 6. Paneles de formaleta.	10
Figura 7. Tapa de la formaleta.	11
Figura 8. Párales y riostras.	12
Figura 9. (a) y (b) (c) la separación de las formaletas varían en función del hinchamiento de la cuña (C) manera de montar la formaleta para construir el muro con pendiente.	13
Figura 10. Pisones.	14
Figura 11. Cesta de mimbre.	14
Figura 12. Cimentación en forma de L.	16
Figura 13. Cimentación en forma de T.	16
Figura 14. Cimentación con rocas angulosas.	17
Figura 15. Cimentación con rocas redondeadas.	17
Figura 16. Cimentación mixta.	17
Figura 17. Sobrecimiento con ladrillo.	18
Figura 18. Sobrecimiento con roca.	19
Figura 19. Sobrecimiento con roca.	19
Figura 20. Base en ladrillo.	20
Figura 21. Base en madera.	20
Figura 22. Base en roca, suelo compactado.	21
Figura 23. Aparejo de la tapia.	22
Figura 24. Refuerzo de escuadra	22
Figura 25. Refuerzo de escuadra.	23
Figura 26. Refuerzos internos.	23
Figura 27. Tipos de vano.	24
Figura 28. Vigas corona y carguera de entrepiso.	25
Figura 29. Uniones entre vigas.	26
Figura 30. Unión de vigas.	27
Figura 31. Acabado de entrepiso.	28
Figura 32. Cielo raso.	29
Figura 33. Cubierta.	30
Figura 34. Uniones.	31
Figura 35. Uniones.	31
Figura 36. Uniones.	32
Figura 37. Cuchilla.	33
Figura 38. Entechado.	33
Figura 39. Fases de construcción de una bancada.	35
Figura 40. Juntas oblicuas.	37

Figura 41. Juntas verticales.	37
Figura 42. Casas solares de 3 tramos	42
Figura 43. Casas solares de 4 tramos.	43
Figura 44. Mediaguas.	44
Figura 45. Zonificación en Bucaramanga.	45
Figura 46. Zonas de predominio de tapia en Bucaramanga.	46
Figura 47. Porcentaje de tapia en por zonas en Bucaramanga.	47
Figura 48. Barrios que constituyen la zona 6.. . . .	48
Figura 49. Barrios de la zona 7.	49
Figura 50. Barrios de la zona 8.	50
Figura 51. Barrios de la zona 9.	51
Figura 52. Barrios de la zona 15.	52
Figura 53. Barrios de la zona 16.	53
Figura 54. Uso de edificación.	61
Figura 55. Clasificación de viviendas residenciales.	62
Figura 56. Clasificación de viviendas comerciales.	62
Figura 57. Sistema de construcción.	63
Figura 58. Proceso constructivo.	63
Figura 59. Material de cubierta.	64
Figura 60. Conservación de la cubierta.	64
Figura 61. Tipo de cubierta.	64
Figura 62. Estado de conservación.	65
Figura 63. Porcentaje de aberturas.	66
Figura 64. Ubicación de aberturas.	66
Figura 65. Tipos de reforma.	67
Figura 66. Cimentación.	67
Figura 67. Presencia de uniformidad.	68
Figura 68. Carencia de uniformidad.	68
Figura 69. Trabe con madera Rolliza.	69
Figura 70. Trabe con caña brava.	69
Figura 71. Carencia de conexión entre el muro y la cimentación.....	69
Figura 72. Zonas sísmicas.	71
Figura 73. Efectos de los sismos en construcciones de tierra	73
Figura 74. Diseño de plantas.	75
Figura 75. Simulacro de impacto sísmico.	77
Figura 76. Ensayos sísmicos para modelos con plantas cuadradas.....	77
Figura 77. Ensayos sísmicos para modelos con plantas cuadradas.....	78
Figura 78. Ensayos sísmicos para modelos con plantas cuadradas.....	78
Figura 79. Ensayos sísmicos para modelos con plantas circulares.. . . .	78
Figura 80. Ensayos sísmicos para modelos con plantas circulares.. . . .	79
Figura 81. Grietas producidas por sismos simulados en modelos.. . . .	80
Figura 82. Errores estructurales que provocan riesgo de derrumbe durante un sismo.	80
Figura 83. Panel de muro en mampostería.	82
Figura 84. Zona efectiva a corte de muros de mampostería no reforzado. .	85
Figura 85. Equilibrio de la mampostería no reforzada en el instante de tracción nula.	86

Figura 86.	Diagrama de flujo método de Abrams.....	89
Figura 87.	Módulos con esquinas integradas.....	93
Figura 88.	Módulos con formaletas hasta el final.	93
Figura 89.	Configuración en planta de la estructura.	98
Figura 90.	Cubierta estable o plana con viga de soporte.	101
Figura 91.	Cubierta estable sin viga de soporte.	101
Figura 92.	Cubierta inestable con viga de soporte.	101
Figura 93.	Cubierta inestable sin viga de soporte.	101
Figura 94.	Parámetros del modelo de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de tapia.	105
Figura 95.	Distribución de muros.	106
Figura 96.	Tipo y Organización estructural..	107
Figura 97.	Calidad del sistema resistente.	107
Figura 98.	Suelos y pendientes.	108
Figura 99.	Configuración en planta.	108
Figura 100.	Cubierta o sistema de techo.	109
Figura 101.	Existencia de aberturas.	109
Figura 102.	Estado de conservación.	110
Figura 103.	Elementos no estructurales.	111
Figura 104.	Edad.	111
Figura 105.	Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección X, para $A_a=0.02g$	113
Figura 106.	Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección Y, para $A_a=0.02g$	114
Figura 107.	Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección X, para $A_a=0.05g$	116
Figura 108.	Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección Y, para $A_a=0.05g$	116
Figura 109.	Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección X, para $A_a=0.10g$	118
Figura 110.	Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección Y, para $A_a=0.10g$	118
Figura 111.	Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección X, para $A_a=0.15g$	120
Figura 112.	Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección Y, para $A_a=0.15g$	120
Figura 113.	Suelos y pendientes para la zona 6.	122
Figura 114.	Configuración en planta para la zona 6. Fuente: Autores del proyecto.	122
Figura 115.	Cubierta o sistema de techo para la zona 6.	123
Figura 116.	Aberturas para la zona 6.	123
Figura 117.	Estado de conservación para la zona 6.	124
Figura 118.	Elementos no estructurales para la zona 6.	124
Figura 119.	Suelos y pendientes para la zona 7.	125
Figura 120.	Configuración en planta para la zona 7.	125
Figura 121.	Cubierta o sistema de techo para la zona 7.	126
Figura 122.	Aberturas para la zona 7.	126

Figura 123. Estado de conservación para la zona 7..	127
Figura 124. Elementos estructurales para la zona 7.	127
Figura 125. Suelos y pendientes para la zona 8.	128
Figura 126. Configuración en planta para la zona 8.	128
Figura 127. Elementos no estructurales para la zona 8.	129
Figura 128. Cubierta o sistema de techo para la zona 8.	129
Figura 129. Aberturas para la zona 8.	130
Figura 130. Estado de conservación para la zona 8.	130
Figura 131. Suelos y pendientes para la zona 9.	131
Figura 132. Configuración en planta para la zona 9.	131
Figura 133. Configuración en planta para la zona 9.	132
Figura 134. Abertura para la zona 9.	132
Figura 135. Estado de conservación para la zona 9.	133
Figura 136. Elementos no estructurales para la zona 9.	133
Figura 137. Suelos y pendientes para la zona 13.	134
Figura 138. Configuración en planta para la zona 13.	134
Figura 139. Cubierta o sistema de techo para la zona 13.	135
Figura 140. Aberturas para la zona 13.	135
Figura 141. Estado de conservación para la zona 13. o.	136
Figura 142. Elementos no estructurales para la zona 13.	136
Figura 143. Suelos y pendientes para la zona 15.	137
Figura 144. Configuración en planta para la zona 15.	137
Figura 145. Cubierta o sistema de techo para la zona 15.	137
Figura 146. Estado de conservación para la zona 15.	138
Figura 147. Elementos no estructurales para la zona 15.	138
Figura 148. Aberturas para la zona 15.	139
Figura 149. Estado de conservación para la zona 16.	139
Figura 150. Configuración en planta para la zona 16.	140
Figura 151. Suelos y pendientes para la zona 16.	140
Figura 152. Elementos no estructurales para la zona 16.	140
Figura 153. Aberturas para la zona 16.	141
Figura 154. Cubierta o sistema de techo para la zona 16.	141
Figura 155. Preparación del terreno.	Figura 156. Preparación de materiales
	142
Figura 157. Tratamiento y moldeo de madera.	142
Figura 158. Adobes.	143
Figura 159. Riego de la arcilla de pega.	143
Figura 160. Saturación y reposo de la arcilla de pega.	144
Figura 161. Mezcla lista para ser utilizada.	144
Figura 162. Trituración de ladrillo cosido.	145
Figura 163. Mezcla de ladrillo cosido y material orgánico.	145
Figura 164. Techo vivo.	146
Figura 165. Riego del césped del techo vivo.	146
Figura 166. Cimentación.	147
Figura 167. Colocación del alambre.	147
Figura 168. Alambre para la resistencia sísmica.	148
Figura 169. Levantamientos de los muros.	148

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de tapia por zonas en Bucaramanga.....	47
Tabla 2. Barrios que constituyen la zona 6.....	48
Tabla 3. Barrios que constituyen la zona 7.....	49
Tabla 4. Barrios que constituyen la zona 8.....	50
Tabla 5. Barrios que constituyen la zona 9.....	51
Tabla 6. Barrios que constituyen la zona 15.....	52
Tabla 7. Barrios que constituyen la zona 16.....	53
Tabla 8. Casas analizadas por zona.	54
Tabla 9. Ubicación de casas analizadas.	55
Tabla 10. Ubicación de casas demolidas	56
Tabla 11. Tipología arquitectónica por zonas.....	70
Tabla 12. Propiedades mecánicas de la Tapia.....	90
Tabla 13. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para $A_a = 0.02g$	113
Tabla 14. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para $A_a = 0.05g$	115
Tabla 15. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para $A_a = 0.10g$	117
Tabla 16. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para $A_a = 0.15g$	119
Tabla 17. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para $A_a = 0.20g$	121

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La tierra es un material de construcción que no ha tenido acogida en zonas de alto grado de sismicidad, a pesar de su utilización en numerosos lugares de nuestro planeta desde la época prehistórica, es justo que hoy, éste material sea revalorizado y preservado contando con diversas características tales como: inercia térmica, que mantiene la temperatura, y es un excelente regulador de la humedad ambiente. Otro aspecto positivo es su fácil reciclaje, es decir, si se rompe un adobe durante la construcción se soluciona con un poco de agua, porque es un material fácil de manipular y económico ya que no necesita ninguna transformación industrial de alto costo energético. Resiste al fuego y el pasar del tiempo. Como no es material perfecto posee algunas desventajas que serían las que hay que minimizar, como son la poca capacidad para soportar el efecto del agua y de los terremotos.

En la tradición de construcción con tierra existen numerosas técnicas con una infinidad de variantes que traducen la identidad de los lugares y su cultura. Entre ellos, resurgen dos como técnicas de mayor uso:

ADOBE: Los ladrillos son moldeados a partir de una mezcla maleable de tierra arcillosa, fibras vegetales, arena y gravas de diferentes tamaños. Esta mezcla se proyecta en un molde metálico sin fondo y se prensa con unos golpes, después se extrae el adobe de la matriz y se deja secar en una superficie llana. Una vez seco el ladrillo se utiliza como en albañilería convencional, la argamasa puede ser de arena y barro o enriquecida con cal.

TAPIAL: Encima de los cimientos se montan planchas de madera dentro de las cuales se van aplastando con un pilón, una mezcla parecida a la del adobe. Según se va llegando arriba se van subiendo los encofrados.

La construcción en adobe o tapial que constituyó durante siglos una solución al problema de la vivienda en la ciudad de Bucaramanga está siendo acabada con el objeto de generar grandes construcciones con nuevos materiales de mayor costo y rentabilidad para el hombre. Sin embargo, por un buen tiempo la edificación en tierra permanecerá en la ciudad.

La ciudad de Bucaramanga se encuentra localizada en una zona con alta amenaza sísmica lo que hace que sus construcciones en tierra puedan presentar numerosos daños al momento del movimiento telúrico. Por esto se hace necesario conocer y analizar algunos aspectos útiles para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, de manera que se cuenten con las herramientas disponibles para proponer planes de mitigación.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar los aspectos más importantes para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de tapia pisada en la ciudad de Bucaramanga.

Objetivo Especifico

- ❖ Identificar y evaluar algunos parámetros físicos de las casas de mampostería que puedan ser aplicados a las de tapia.
- ❖ Plantear formularios que faciliten la evaluación de los parámetros aplicables a la tapia pisada.
- ❖ Aplicar los formularios en las zonas de estudio de la ciudad de Bucaramanga

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1 HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA¹

Las técnicas de construcción con barro datan de hacen mas de 9000 años. En el Turquestán fueron descubiertas viviendas de tierra del periodo 8000 – 6000 a.C. (Pumpelly 1908). En Asiría fueron encontrados cimientos de tierra apisonada que datan del 5000 a.c. Todas las culturas antiguas utilizaron la tierra no solo en la construcción de viviendas sino también en fortalezas y obras religiosas.

Partes de las construcciones en el valle de Draa, Maruecos tiene 2500 años de antigüedad, las cuales son construidas en tierra ver figura 1.



Figura 1. Valle de Draa, Maruecos. **Fuente:** www.fotoaleph.com/Colecciones/MasAllaDelAtlas/Atlas-foto50.html

La gran muralla china se construyó hace 4000 años, inicialmente casi toda con tierra apisonada (tapial) y posteriormente fue enchapada con piedras naturales y ladrillos, dándole la apariencia de una muralla de piedra. El centro

¹ MINKE Gernot, Manual de construcción en tierra, 2001, Cáp. 1, Pág. 13 - 16

de la pirámide del sol en Teotihuacan, México, está construido por 2 millones de toneladas de tierra apisonada y fue construida entre los años 300 – 900.

En los climas secos donde la madera es escasa, se desarrollaron en el transcurso de los siglos técnicas de mampostería para la construcción de cúpulas, mediante las cuales es posible techar las edificaciones prescindiendo de vigas de madera durante la construcción, como el Bazar de Sirdjan en Irán cubierto con este tipo de cúpulas y bóvedas.

En China viven aproximadamente 20 millones de personas en viviendas subterráneas, cuevas que fueron excavadas en suelo limoso. Hallazgos de la era del bronce han demostrado que en Alemania, se utilizaba el barro como material de relleno en palizadas y entramados. El bahareque también fue utilizado en muchos países europeos. El ejemplo más antiguo de muros de tierra en Alemania se encuentra en la fortaleza de Heuneberg próxima al lago Constance y data de siglo 6 a.c.

En África casi todas las Mezquitas fueron construidas en tierra, específicamente en Mali e Irán, como se muestran en las figuras 2 y 3.

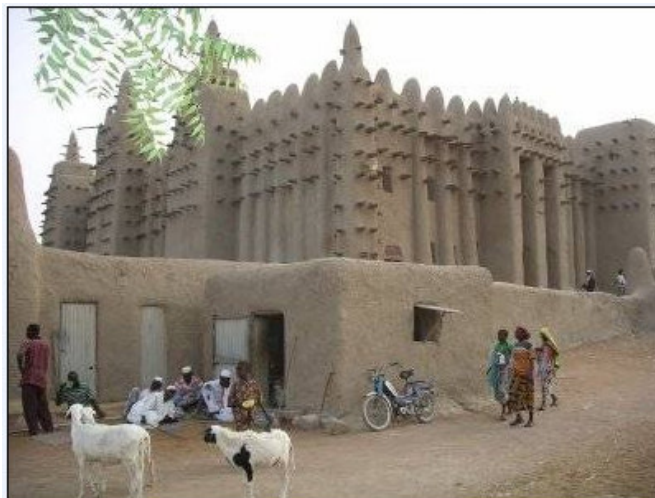


Figura 2. Gran mezquita, Mopti, Mali. **Fuente:** www.viajeros.com/diario-2394.html



Figura 3. Mezquita, Kashan, Irán. **Fuente:** [www. iransara.es/img5.htm](http://www.iransara.es/img5.htm)

En México, Centroamérica y Sudamérica existieron construcciones de adobe en casi todas las culturas precolombinas. La técnica del tapial se conocía en algunos lugares, para otros ésta fue traída por los conquistadores españoles. Muchas iglesias y fincas de tapial en Latinoamérica y Brasil tienen una antigüedad de aproximadamente 300 años.

En la edad media (siglo XIII – XVII) la tierra se utilizó en toda Europa central como relleno de entramados de madera, así como para cubrir techos de paja para hacerlos resistentes al fuego. En Francia la técnica del tapial llamada “terre pise” estuvo muy extendida desde el siglo XV al XIX. Existen muchas edificaciones de más de 300 años de antigüedad, aún habitadas cerca de la ciudad de Lyon. En 1790 y 1791 Francois Cointeraux publicó cuatro folletos sobre esta técnica, que fueron traducidos al alemán dos años después (Cointeraux, 1793). Esta técnica se difundió en Alemania y sus alrededores debido a Cointeraux y a David Gilly que escribió el famoso libro *Handbuch der Lehmbackkunst* (Gilly, 1787) donde se describe la técnica del tapial como método de construcción con tierra más ventajoso.

En Alemania la vivienda más antigua aún habitada con muros de tapial data de 1795. El dueño de esta vivienda era el director de bomberos y proclamaba que con esta técnica se podía construir una vivienda resistente al fuego de manera más económica que las viviendas construidas con entramados de madera rellenos con tierra. La vivienda más alta de Europa con muros de barro macizo está en Weilburg, Alemania. El edificio se terminó en 1828 y aún esta habitada. Todos los entresijos y el techo descansan sobre muros macizos de tierra apisonada de 75 cm. de espesor en la base y 40 cm. en la cima (los esfuerzos de compresión alcanzan 7.5 kg/cm² en la base).

Después de la primera y segunda guerra mundial, cuando los materiales de construcción eran escasos en Alemania, se construyeron miles de viviendas y asentamientos usando bloques de barro o tapial (Günzel 1986, p.156).

2.2 TECNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES²

2.2.1 Tapia Pisada

La tapia pisada es un método de construcción con tierra que se emplea aun en países tan diferentes como Dinamarca, Marruecos, Perú y china. En Francia, se encuentran numerosas casas de tierra, de tamaño frecuentemente imponente, especialmente en el Dauphiné, Lyon y Bretaña. Actualmente es cada vez mas difícil distinguir esas casas de las construcciones resientes porque la mayoría están pañetadas. Así se pueden ver parecidas a sus hermanas de piedra, en los cuales todo el mundo ve un desafío al tiempo. El hábitat en tapia pisada también resiste el paso de los años; a veces se encuentran muros de tierra, que con más de 300 años, aun abrigan a una parte de la población rural.

² Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en Adobe y Tapia Pisada, 2004, Cap. 2, Pag 2 – 4.

La tapia pisada es un procedimiento por medio del cual se construyen casas con tierra, sin sostenerlas con piezas de madera y sin mezcla de paja o relleno, este método consiste en apisonar, capa por capa, en medio de dos tablonces con el espesor normal de los muros de piedra, tierra preparada con éste propósito. Apisonada de esta manera, la tierra se liga, toma consistencia, y forma una masa homogénea, que puede ser elevada hasta la altura necesaria para una casa, como se muestra en la figura 4.

La tapia pisada tal como ha sido empleada tradicionalmente en algunos países, ha sido abandonada más por factores de orden socio-económico que por razones técnicas. En varios países se han realizado durante la posguerra, investigaciones para actualizar este procedimiento. Casi en todos los países industrializados han hecho intentos para actualizar esta técnica de construcción.

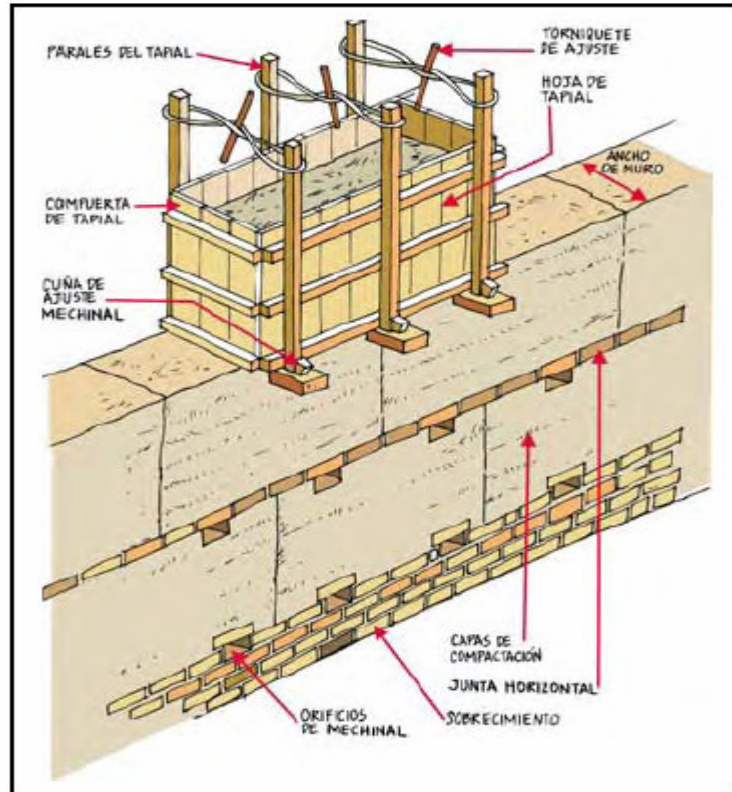


Figura 4: Construcción en Tapia Pisada. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.2.2 Adobe

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos y de uso difundido. La utilización de adobe es muy común en algunas de las regiones más propensas a desastres del mundo, tradicionalmente en América Latina, África, el subcontinente de India y otras partes de Asia, el Oriente Medio y el Sur de Europa, ver figura 5.



Figura 5. Distribución mundial de arquitectura en adobe. **Fuente:** www. Terracruda.com (De Sensi, 2003).

Alrededor del 30% de la población mundial vive en construcciones de tierra. Aproximadamente el 50% de la población de los países en desarrollo, incluyendo la mayoría de la población rural y por lo menos el 20% de la población urbana y urbano marginal, viven en casas de tierra. (Houben y Guillard 1994). Por ejemplo, en Perú, 60% de las casas son construidas con adobe o con tapial. En India, de acuerdo al Censo de 1971, 73% de todas las edificaciones son hechas de tierra (67 millones de casas habitadas por 374 millones de personas. En general, este tipo de construcción ha sido usada principalmente por la población mundial de bajos ingresos económicos.

El adobe es un material de construcción de bajo costo y de fácil accesibilidad que es elaborado por comunidades locales. Las estructuras de adobe son

generalmente auto-construidas, porque la técnica constructiva tradicional es simple y no requiere consumo adicional de energía. Profesionales calificados (ingenieros y arquitectos) generalmente no están involucrados con este tipo de construcción y de allí la designación de “construcción no ingenieril”.

2.3 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

2.3.1 Herramientas ³

2.3.1.1 La formaleta

Para hacer cada costado de una formaleta de 90cm de altura, se necesitan 3 o 4 tablas rectas, de madera seca, de 3cm de espesor de 3.25 m de longitud y más o menos 30 cm. de ancho. Estas se pueden cepillar para obtener un parámetro liso y evitar que la tierra se adhiera a la formaleta. Después se ensamblan con 4 montantes o barras, de 20cm la de los extremos y de 21cm las demás. Ver figura 6.

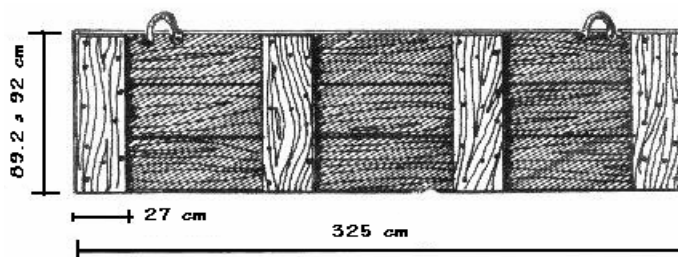


Figura 6. Paneles de formaleta. **Fuente:** (CRAterre, 1990).

Dimensiones óptimas propuestas por Goiffon:

Longitudes: 2.60 m (min: 1.60m; max 4.20m)

Altura: 80cm.

³ DOAT Patrice, HAYS Alain, HOUBEN Hugo, MATUK Silvia, VITOUX Francois, Construir con tierra, tomo I, 1990, Pág. 20 - 24

Así la formaleta no es muy pesada y es fácil entrar y salir de ella. Las tablas son machihembradas para ensamblarlas (ranuras y lengüetas) para facilitar su manejo se les puede poner manijas de hierro.

2.3.1.2 Tapa de la formaleta

Compuerta o testero, la cual está formada de dos tablas ensambladas por medio de otras dos tablas más pequeñas, colocadas en el exterior. Los testeros más anchos en la base permiten dar declive al muro, ver figura 7.

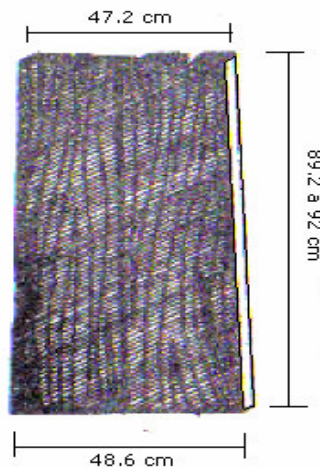


Figura 7. Tapa de la formaleta. **Fuente:** (CRAterre, 1990).

2.3.1.3 Los párales

Los Párales o costales se hacen en madera aserrada de sección cuadrada con una longitud de 1.62 m rebasan la altura de la formaleta por lo menos 50 cm. Los párales remontan en un espigo de 2.7 cm. de espesor. Ver figura 8.

2.3.1.4 Riostra

Agujas o travesaños inferiores se hacen de madera dura y tienen un espesor de 8 cm., un ancho de 9.5 cm. y una longitud de 1,14 m. A 9 cm. de los extremos, se tallan las cajas de 20 por 3 cm. Para una formaleta de 2.6 m,

Goiffon propone 4 riostras, cada 80 cm. y precisa que las cajas deben tener un plano inclinado con el mismo ángulo que la cuña.

Ver figura 8.

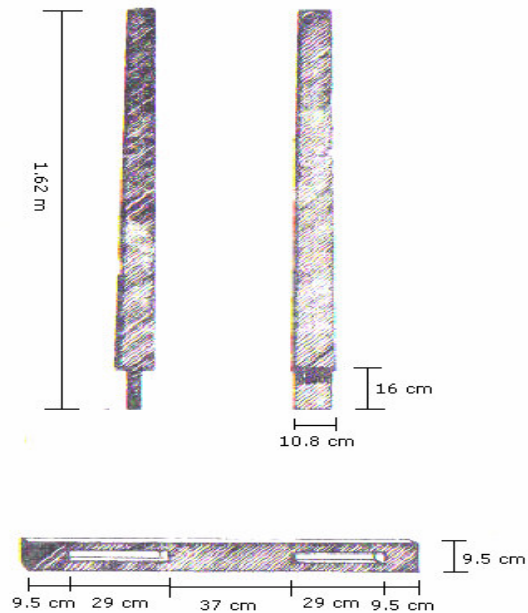


Figura 8. Párales y riostras. **Fuente:** (CRAterre, 1990).

2.3.1.5 Cuñas

Las cuñas sirven para apretar los párales y los paneles contra la hilada del muro ya hecho al introducirla entre las cajas de las agujas. Ellas juegan un papel importante en la plomada de la formaleta, su lado en contacto con los párales debe estar vertical. Su ángulo debe ser muy agudo para garantizar un buen acuñamiento, generalmente el mismo de la caja de la aguja. Hincándolas en mayor o menor grado se determina el espesor del muro.

Cuando las cuñas penetren el máximo posible se obtendrá un espesor mínimo de muro y si penetran en mínimo se obtiene un espesor máximo en los muros.

A fin de mantener constante el espesor del muro, se les hace un hueco justo por encima de la riostra en el cual se introduce un pasador. Si se desea hacer un muro con declive, es decir con la superficie exterior oblicua, es práctico insertar una pequeña cuña suplementaria entre la cuña propiamente dicha y el paral exterior, ésta pieza se denomina fija-declive. La inclinación de la superficie externa del muro depende de las dimensiones de esta cuña. Se utilizaba a guisa de fija-declive, un triangulo de madera cuya pendiente era de 5 mm por 32.5 cm. de altura, ver figura 9.

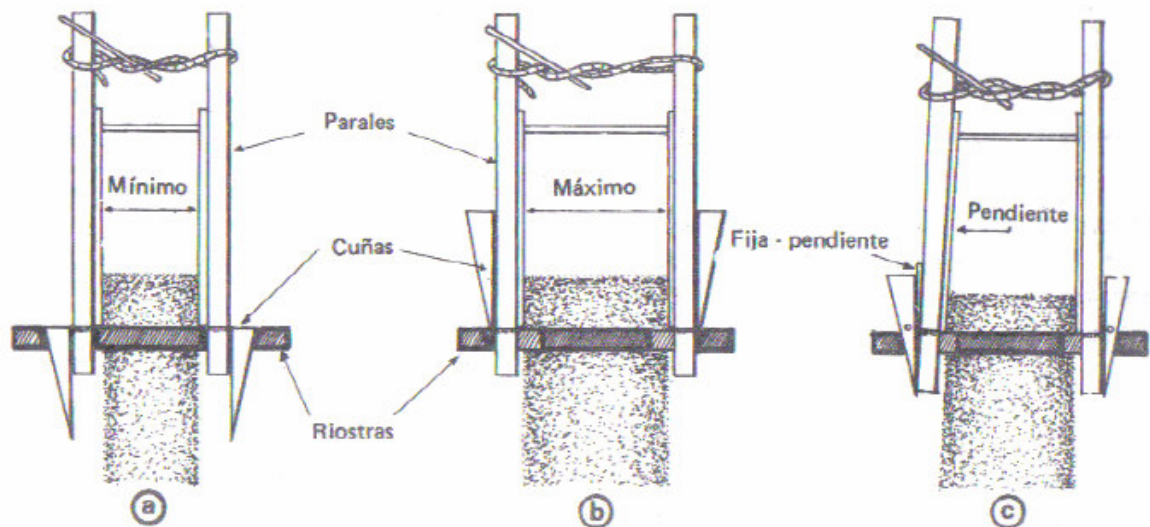


Figura 9. (a) y (b) (c) la separación de las formaletas varían en función del hinchamiento de la cuña (C) manera de montar la formaleta para construir el muro con pendiente. **Fuente:** (CRAterre, 1990).

2.3.1.6 Pisones

Frecuentemente se utilizan tres tipos de pisones, Como se muestra en la figura 10. El primer pisador utiliza el pisón más puntiagudo; él más que amontonar la tierra, la corta. Debe alcanzar con el golpe la capa inferior, a fin de lograr una adherencia entre las diferentes capas de tierra. El segundo y tercer pisador actúan amontonando la tierra. Una vez terminada la primera capa se repite esta operación hasta terminar la formaleta.

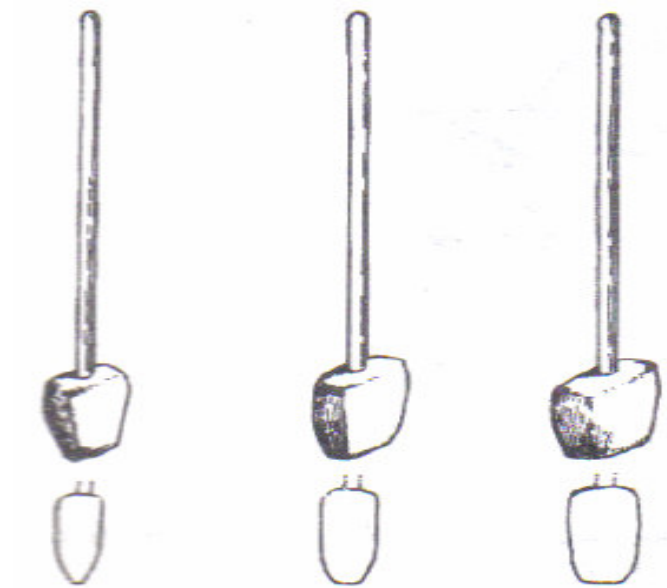


Figura 10. Pisones. **Fuente:** (CRAterre, 1990).

2.3.1.7 Cesta de mimbre

Es utilizada para transportar la tierra al lugar de compactación. Ver figura 11.

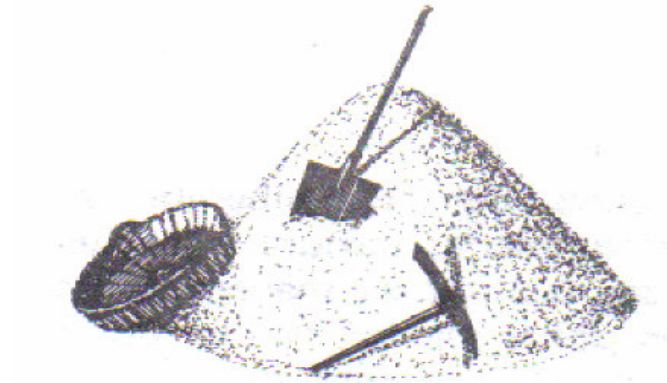


Figura 11. Cesta de mimbre. **Fuente:** (CRAterre, 1990).

2.3.2 El Proceso Constructivo⁴

2.3.2.1 La cimentación

Los cimientos son elementos que reciben el peso de la construcción y lo trasladan al terreno. La mayoría de las veces están enterrados aunque en ocasiones están apoyados sobre la superficie. Están constituidos por materiales como piedra, ladrillo o concreto.

Los cimientos son de dos tipos: puntuales y corridos, se señalan los corridos por ser los más frecuentes en las construcciones de carácter patrimonial.

La cimentación se construye con base en vigas corridas en rocas y material de relleno conformando un entramado de vigas bajo los muros principales de la edificación. En general la profundidad de la cimentación alcanza suelo firme por debajo de la capa orgánica.

Las formas más frecuentes de cimentación son en “L”, en “T” invertida o cimentación prismática del mismo ancho del muro. Ver figura 12 y 13.

Las rocas que constituyen el material principal de la cimentación pueden ser de tipo anguloso, redondeado o una mezcla de los dos. Los fragmentos angulosos pequeños permiten el agarre entre elementos mayores y sirven de cuña para nivelar las rocas. Los fragmentos de tipo redondeado provienen generalmente de ríos y quebradas. Al igual que en el caso anterior, los cantos rodados se traban acuniándose con guijarros, ver figuras 14 ,15 y 16.

Algunas veces los espacios entre las rocas que conforman la cimentación se dejan vacíos. Otras veces se llenan con material arenoso que facilita su colocación y en muchas ocasiones se utiliza cal y canto como cementante.

⁴ Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en Adobe y Tapia Pisada, 2004, Cáp. 2, Pág. 5 – 20.

Cuando la construcción se ubica en un terreno inclinado, la cimentación se proyecta hasta la cota superior del piso conformando espacios vacíos los cuales se utilizan normalmente como despensas, cavas o cuartos de herramientas.

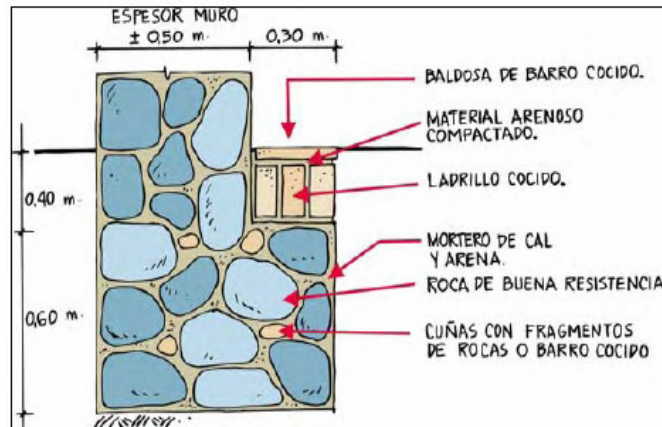


Figura 12. Cimentación en forma de L. **Fuente:** (Gómez, 2004).

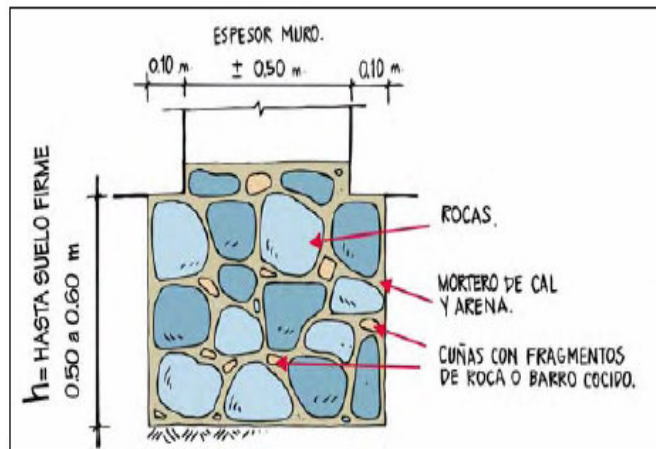


Figura 13. Cimentación en forma de T. **Fuente:** (Gómez, 2004).

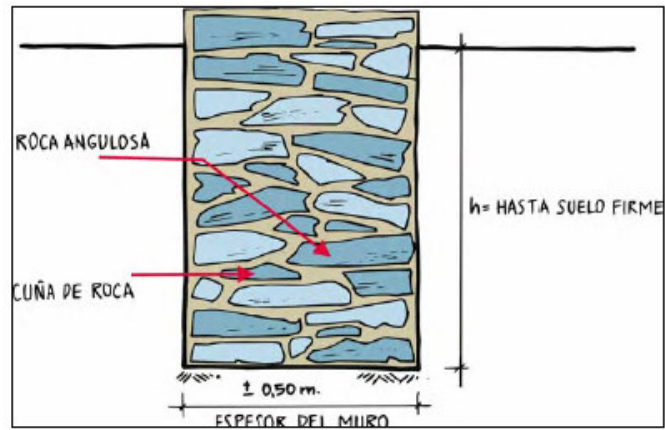


Figura 14. Cimentación con rocas angulosas. **Fuente:** (Gómez, 2004).

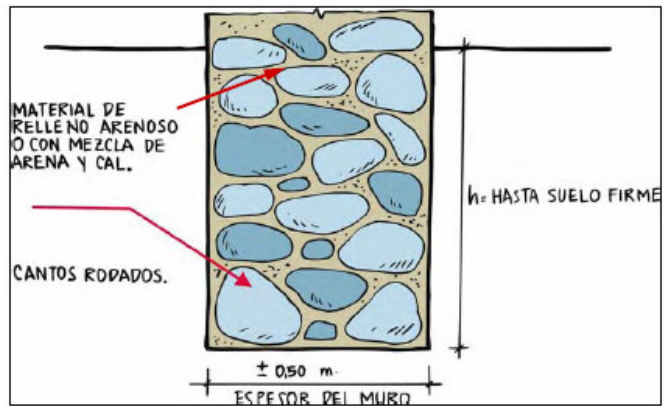


Figura 15. Cimentación con rocas redondeadas. **Fuente:** (Gómez, 2004).

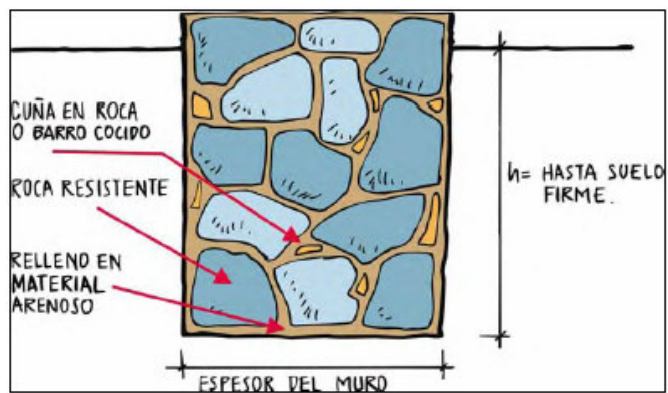


Figura 16. Cimentación mixta. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.2 Los sobrecimientos

Por encima de la cota del terreno hasta donde llega la cimentación se proyecta el sobrecimiento en material rígido y resistente. El sobrecimiento tiene como propósito proteger el muro de tierra en tapia o adobe de la humedad, de la acción del agua superficial y del goteo y de otras acciones agresivas que ocurren a nivel de piso, y conformar la base definitiva de asientos de los muros.

Los sobrecimientos ascienden generalmente hasta 0.50 m pero pueden proyectarse hasta alturas mayores siguiendo un alineamiento en el muro totalmente irregular. Generalmente se cubren con un pañete más grueso que el resto del muro y se pintan de un color oscuro para generar una mayor protección.

Los sobrecimientos se construyen con ladrillo cocido sentado con cal y canto o barro con fragmentos de roca equivalentes a los de la cimentación. Los vacíos que quedan hacia la parte externa del sobrecimiento se nivelan con pañete, ver figura 17,18 y 19.

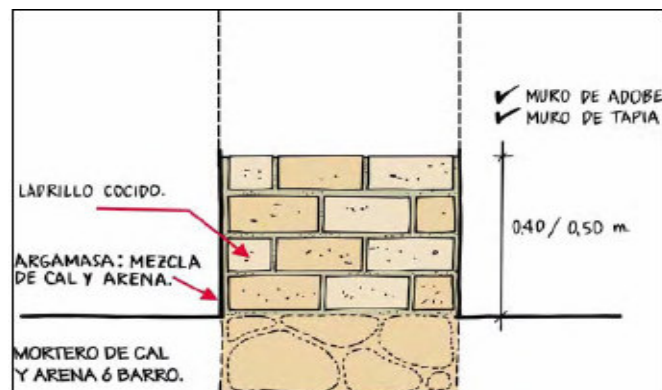


Figura 17. Sobrecimiento con ladrillo. **Fuente:** (Gómez, 2004).

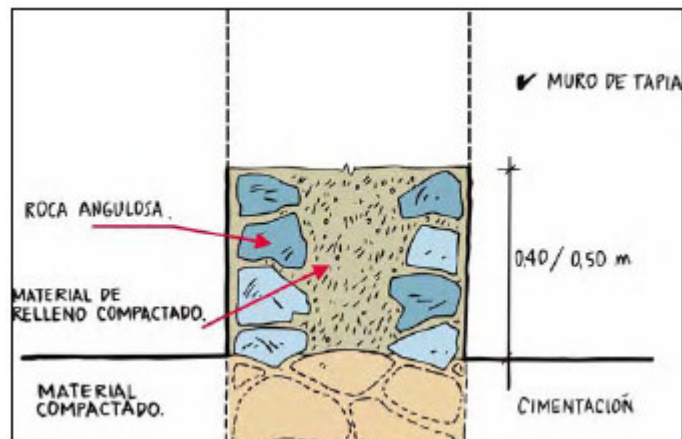


Figura 18. Sobrecimiento con roca. **Fuente:** (Gómez, 2004).

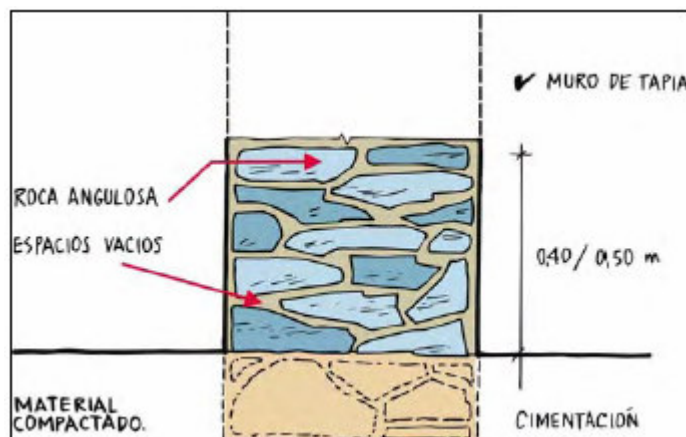


Figura 19. Sobrecimiento con roca. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.3 Los pisos sobre el terreno

La conformación de los pisos es en general independiente del tipo y conformación de la cimentación y del sobrecimiento.

2.3.2.3.1 Base en ladrillo cocido

El suelo original del predio se nivela y se compacta. Sobre él se instalan ladrillos cocidos en estampa. Generalmente los ladrillos se colocan en

diagonal alternando el sentido por cada fila formando una espina de pescado. Los ladrillos se colocan en general a presión sin ningún ligante en una técnica que se denomina brecha perdida aunque a veces se utiliza una fina capa de cal y canto o arena a manera de llenante y sellante, ver figura 20.

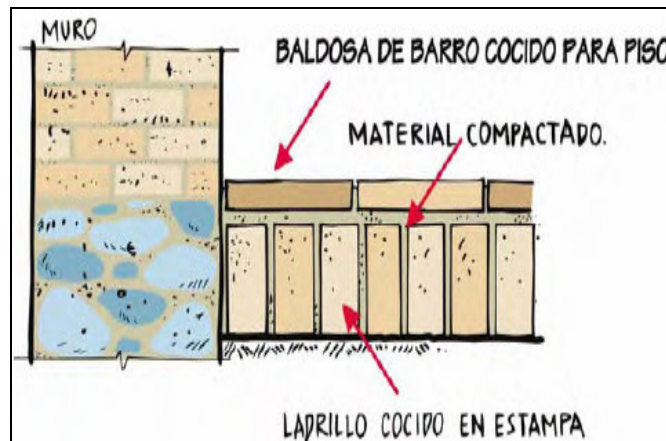


Figura 20. Base en ladrillo. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.3.2 Estructura de madera

Sobre el suelo compactado se colocan unas vigas de madera con sección promedio 0.10 m x 0.10 m separadas cada 0.50 m aproximadamente. Sobre ellas y en sentido ortogonal se colocan listones de madera de 0.10 m de ancho, 0.02 m de espesor y de longitud variable, ver figura 21.

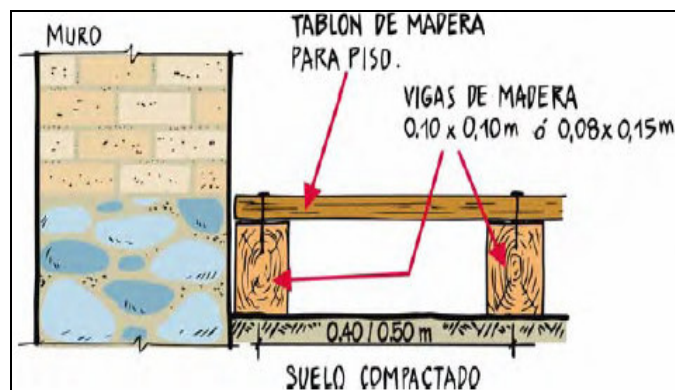


Figura 21. Base en madera. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.3.3 Base en roca, suelo compactado y baldosa

Se trata de una capa de roca mediana triturada y compactada sobre la cual se coloca una capa de 0.10 m de material arenoso sobre este se instala a su vez el piso conformado por elementos planos de arcilla cocida o baldosas de cemento. Ver figura 22.

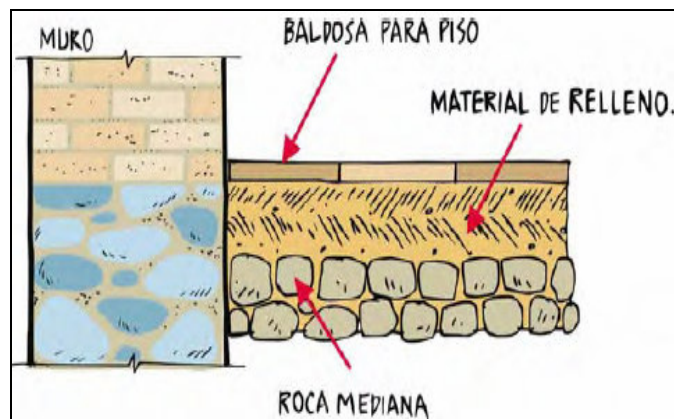


Figura 22. Base en roca, suelo compactado. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.4 Detalles de la mampostería

Los muros son los elementos que limitan y dividen espacios de una construcción. Sirven para apoyar la cubierta, los entresijos y todos los componentes de la construcción.

2.3.2.4.1 Aparejo de la tapia

Las secciones de tapial se tratan de la misma manera como se levanta un muro con adobes pero de gran tamaño. Para realizar las juntas horizontales se escarifica con un punzón la superficie del muro que recibe la nueva hilada sin colocar ningún tipo de elemento de conexión. En algunas ocasiones se instalan elementos en las juntas horizontales tales como adobes, trozos de teja, de ladrillo cocido, caña o tendidos de esterilla de guadua, todo con el fin

de proporcionar una superficie de fricción entre las dos hiladas. También, en algunos casos se colocan adobes para rellenar los orificios de los mechinales, ver figura 23.

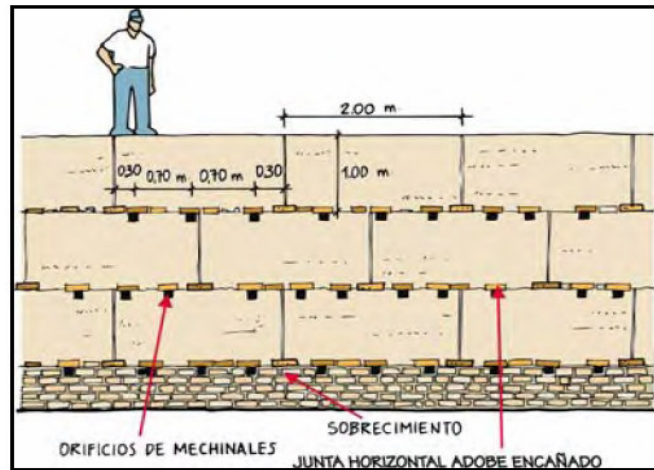


Figura 23. Aparejo de la tapia. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.4.2 Construcción de esquinas

Generalmente los encuentros de dos muros principales (por ejemplo uno perimetral y uno carguero) se levantan con disposiciones de trabe similares a las esquinas de adobe o ladrillo, ver figura 24.

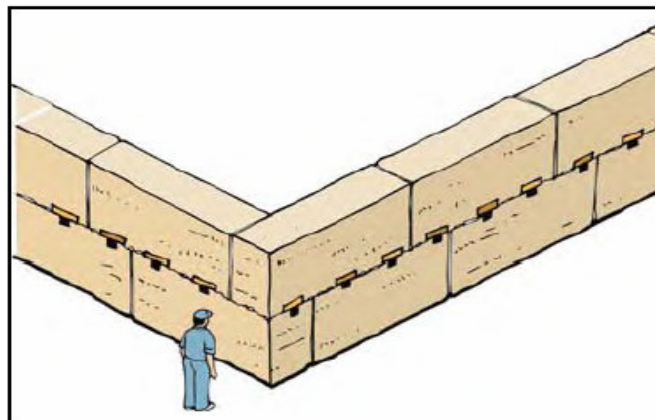


Figura 24. Refuerzo de escuadra **Fuente:** (Gómez, 2004).

En algunos casos los muros divisorios internos no se traban con el muro ortogonal. Ha sido habitual instalar los refuerzos de escuadra en las esquinas entre muros, ver figura 25.

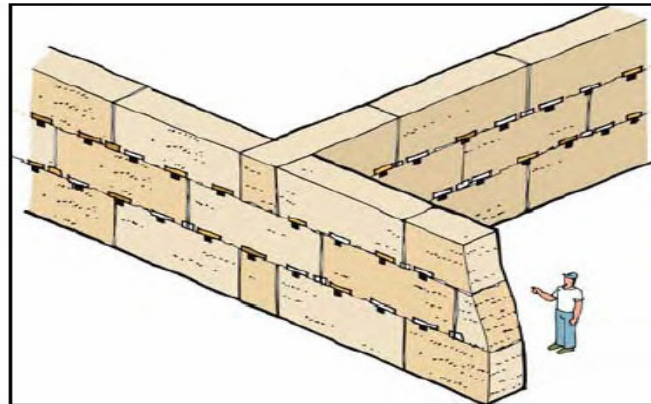


Figura 25. Refuerzo de escuadra. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.4.3 Refuerzos Internos

Aunque en la mayoría de los casos no se coloca ningún tipo de refuerzo interno en los muros, en algunos casos los muros incluyen refuerzos horizontales en madera, caña o guadua atravesando en general las juntas verticales, Ver figura 26.

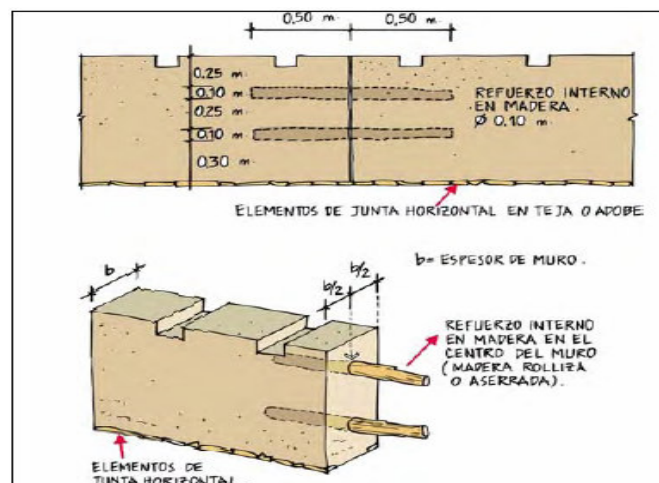


Figura 26. Refuerzos internos. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.4.4 Vanos de puertas y ventanas

2.3.2.4.4.1 Vano con dintel

Los vanos de las puertas se construyen mediante un gran dintel constituido por dos o más vigas de madera de sección aproximada 0.20 m x 0.15 m las cuales se empotran en los muros de apoyo al menos 0.40 m a cada lado del vano.

2.2.2.4.4.2 Vano con arco

Los vanos también se desarrollan en algunos casos mediante arcos o semiarcos en ladrillo cocido, ver figura 27.

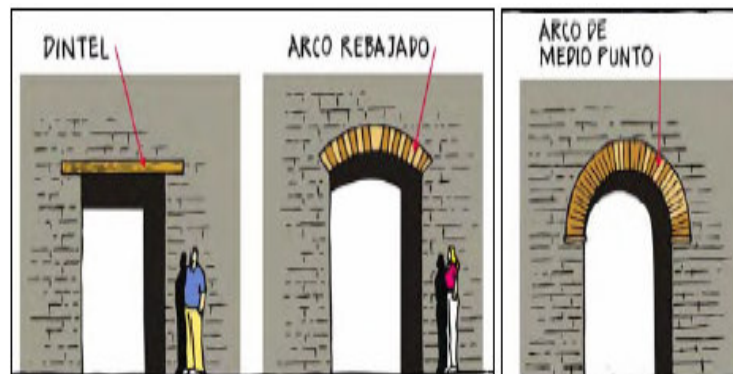


Figura 27. Tipos de vano. Fuente: (Gómez, 2004).

2.3.2.5 Entrepisos

2.3.2.5.1 Vigas cargueras de entrepiso

Las vigas cargueras de entrepiso se extienden entre muros cargueros conformando la plataforma de apoyo del entrepiso. Estas vigas tienen como función transmitir la carga a las vigas corona de entrepiso, las cuales a su vez se apoyan directamente sobre los muros cargueros.

2.3.2.5.2 Vigas corona de entrepiso

Las vigas corona de entrepiso se instalan sobre los muros cargueros y sirven de apoyo directo a las vigas cargueras de entrepiso, transmitiendo las cargas tanto verticales como horizontales a los muros cargueros.

La viga corona sencilla se instala generalmente en el centro del ancho del muro carguero correspondiente. Las vigas corona dobles se instalan en forma paralela y simétrica en el muro carguero, una a cada costado del muro. Estas vigas tienen en general dimensiones menores a las cargueras y a las vigas corona sencilla. Ver figura 28.

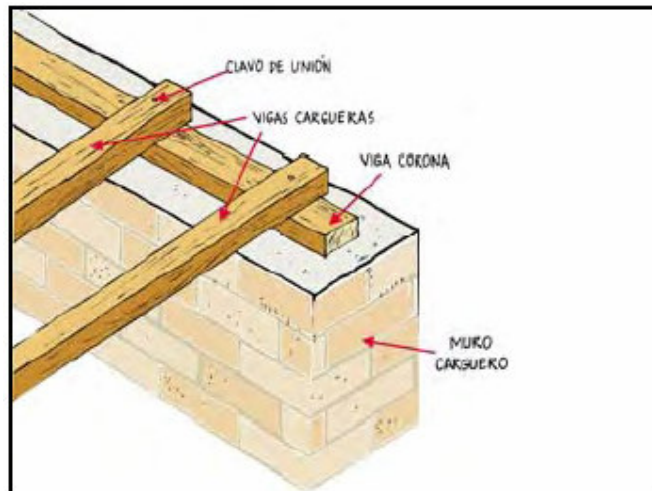


Figura 28. Vigas corona y carguera de entrepiso. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.5.3 Uniones viga corona – viga carguera

Las vigas cargueras se apoyan directamente sobre las vigas corona, conformando en general una caja de unión en una o en las dos vigas. Esta unión se refuerza en general con un clavo de acero. Ver figura 29.

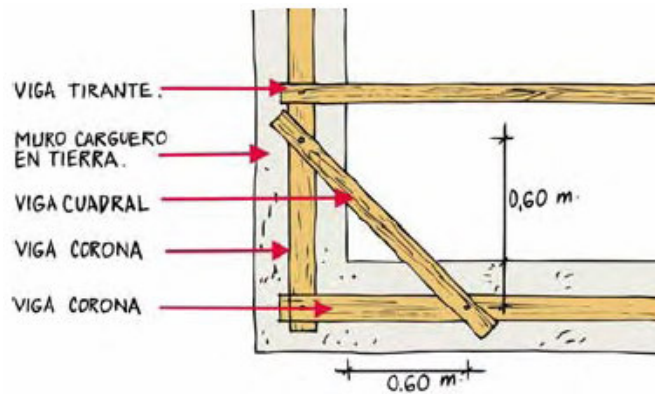


Figura 29. Uniones entre vigas. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.5.4 Uniones entre vigas corona en esquinas

En el remate de los muros para el entrepiso o para la cubierta se colocan en algunos casos elementos de unión en muros ortogonales cargueros y/o perimetrales. Estos consisten en elementos de madera que unen en dirección diagonal las vigas corona. Estos elementos se denominan cuadrales.

En los ejes de muros no cargueros no se instalan en general vigas corona ni elementos de unión eficientes. Los muros que no tienen la función de cargueros y los muros divisorios quedan generalmente sueltos de los muros cargueros principales, ver figura 30.

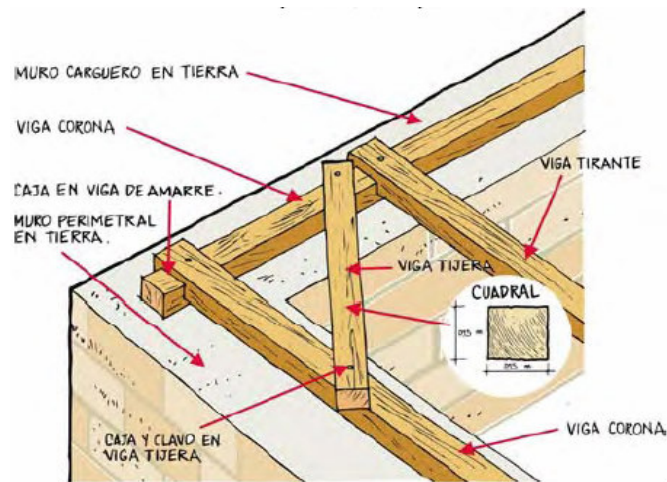


Figura 30. Unión de vigas. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.5.5 Acabados de entrepiso

Los acabados del entrepiso se construyen normalmente con listones de madera apoyados directamente sobre las vigas cargueras de entrepiso.

Otra alternativa de mayor aislamiento consiste en instalar sobre las vigas cargueras los listones de madera, que en algunos casos también pueden ser de esterilla de guadua o caña brava. Sobre estos elementos de soporte se coloca una capa de tierra levemente compactada y luego se instala el acabado final de piso conformado por ladrillo cocido colocado en estampa y/o tablón de arcilla cocida o baldosa de cemento, ver figura 31.

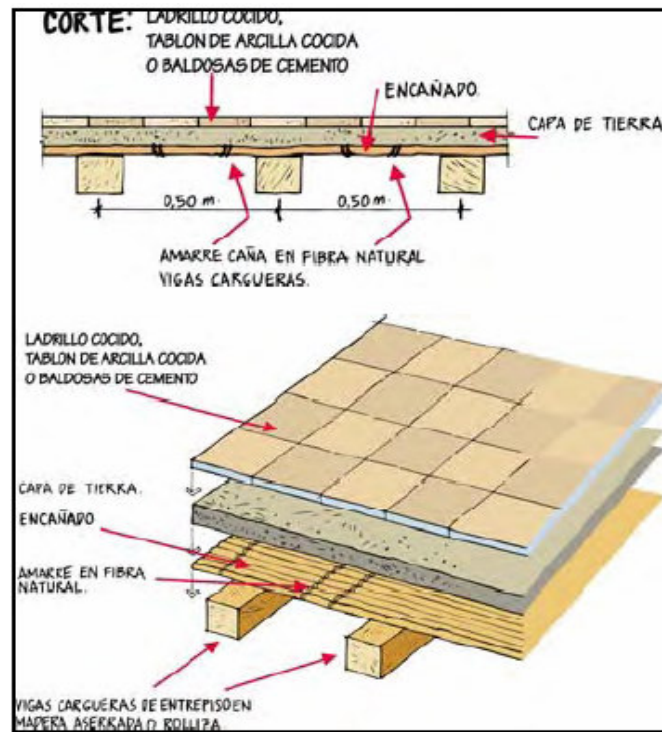


Figura 31. Acabado de entrepiso. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.2.2.5.6 Cielo raso

La utilización de cielo raso no es generalizada. En algunos casos se deja el terminado inferior del sistema de entrepiso a la vista pintándolo para mejorar su apariencia. En otros casos se coloca pañete para dar un terminado más uniforme a la madera que conforma el entrepiso.

Otro tipo de cielo raso muy utilizado consiste en un tendido de caña, chusque (especie de caña brava propia del clima frío) o guadua el cual se descuelga por medio de cuerdas desde unos elementos de madera horizontales instalados a presión entre las vigas cargueras de entrepiso. El terminado final se realiza mediante una capa de pañete, decorada en algunas ocasiones con yeso y pintura, ver figura 32.

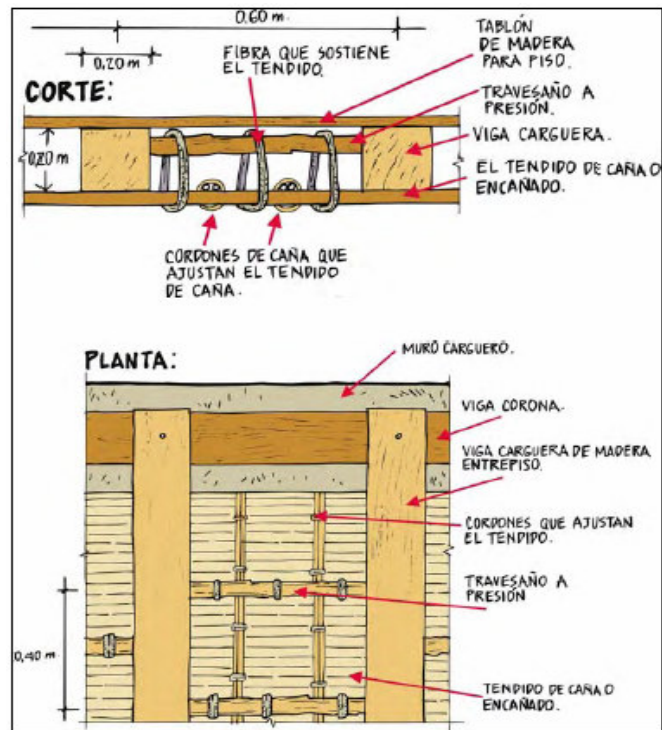


Figura 32. Cielo raso. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.2.2.6 Cubierta

La cubierta es el conjunto de elementos estructurales y de cubrimiento que cierran la parte superior de una construcción y la protegen contra la lluvia, el sol y el viento.

Las viviendas en adobe y tapia pisada presentan gran variedad de tipos de estructura de cubierta. En general se presenta predominio de elementos de madera rolliza, o de elementos aserrados en algunos casos individuales. Una de las estructuras dominantes conocida como la del par y nudillo incluye los siguientes elementos principales:

- ❖ Viga cumbrera: conforman la viga longitudinal principal y recibe las correas. Ver figura 33.
- ❖ Vigas correas: vigas principales que sostienen el encañado de techo. Ver figura 33.

- ❖ Pares: elementos diagonales. Ver figura 33.
- ❖ Tirantes: vigas de madera que atraviesan el vano y reciben las vigas soleras. Ver figura 33.
- ❖ Soleras: vigas instaladas en la caja de los tirantes. Reciben las correas y las vigas pares. Ver figura 33.
- ❖ Nudillos: elementos longitudinales de amarre entre vigas y correas y vigas pares. Ver figura 33.

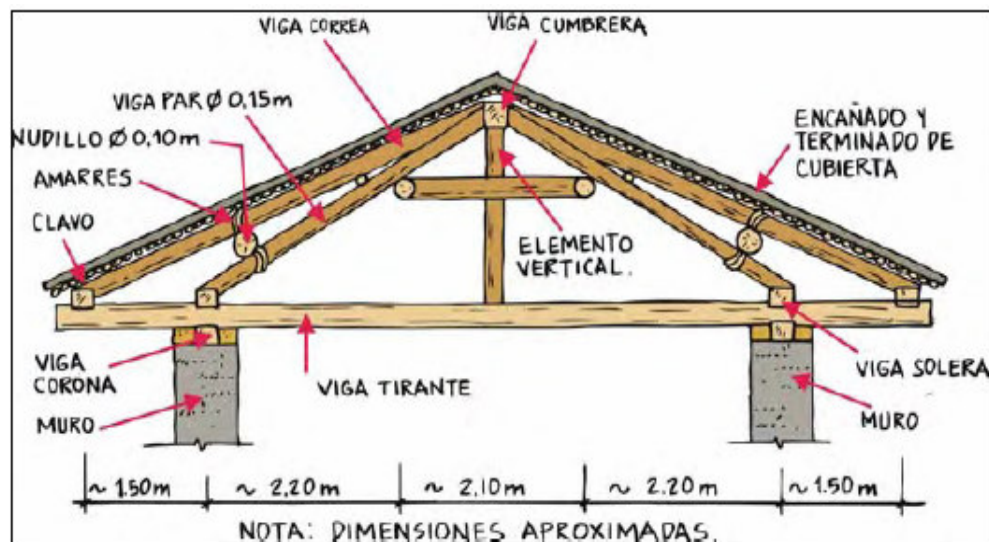


Figura 33. Cubierta. Fuente: (Gómez, 2004).

2.3.2.6.1 Uniones entre los elementos de cubierta

2.3.2.6.1.1 Unión viga solera tirante viga corona

En general se realizan uniones de vigas solera – tirante – viga corona. La unión se realiza mediante cajas en la viga tirante o en la viga solera para garantizar un buen ajuste. Se utilizan fibras naturales y clavos de hierro para garantizar una unión efectiva entre los elementos, ver figura 34.

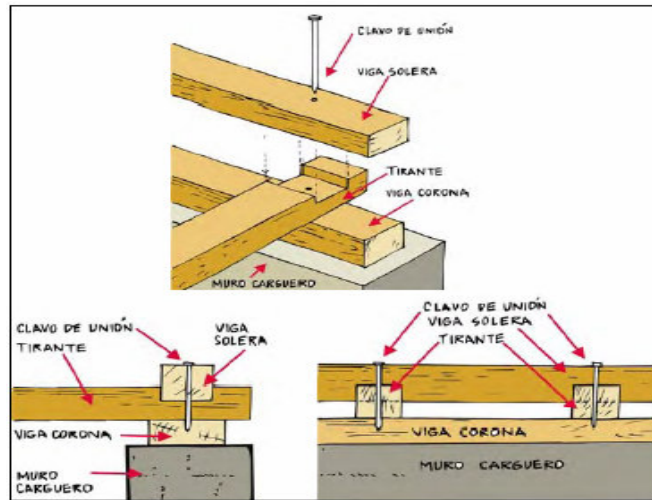


Figura 34. Uniones. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.6.1.2 Unión de correas y pares a la cumbrera

Las uniones de correas y pares a la cumbrera y las vigas soleras se hace normalmente mediante chaflanes en las correas o pares con el ángulo de inclinación adecuado, utilizando clavos y fibras naturales para el amarre, ver figura 35.

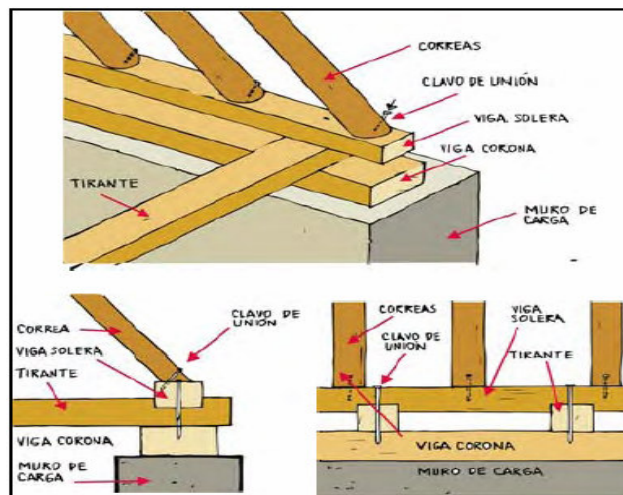


Figura 35. Uniones. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.6.1.3 Uniones en los nudillos y en otros elementos horizontales

Las uniones entre elementos rollizos en el caso de los elementos verticales y de los nudillos se hacen mediante cajas tipo boca de pescado complementadas con clavos y amarres de fibra natural, ver figura 36.

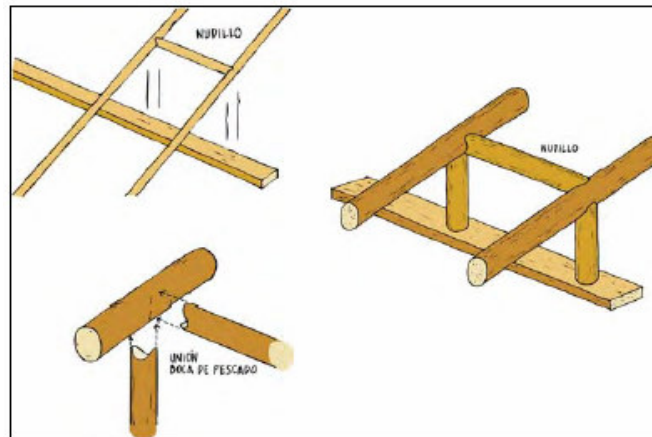


Figura 36. Uniones. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.3.2.6.2 Cuchillas

Como elemento de apoyo complementario a la cubierta los muros no cargueros de fachada se prolongan a manera de cuchillas o culatas para apoyar las cerchas correspondientes.

Estos elementos se construyen en general en el mismo material del muro respectivo. En algunos casos para construcciones en adobe se utiliza un espesor de muro menor que el del muro de fachada inferior. Ver figura 37.

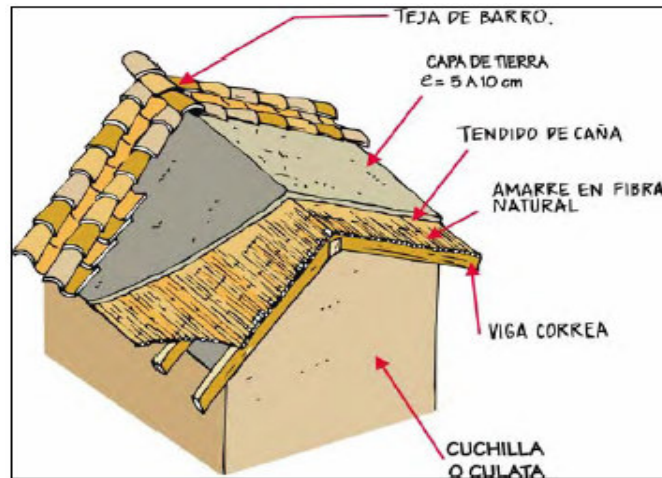


Figura 37. Cuchilla. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.2.2.6.3 Entechado

El entechado más común consiste en un encañado amarrado con fibra natural apoyado sobre las vigas correas. Sobre el tendido de caña se coloca una capa de tierra sobre la cual se apoyaba directamente la teja de barro cocido, ver figura 38.

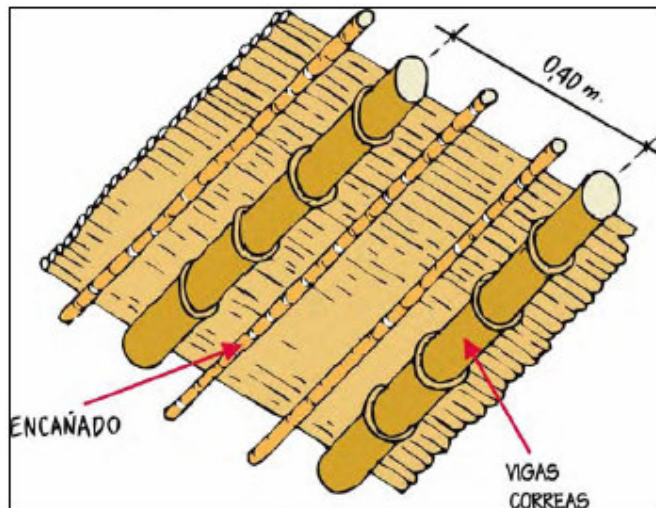


Figura 38. Entechado. **Fuente:** (Gómez, 2004).

2.4 ELEVACION DE MUROS

2.4.1 Método de Lyon y de Alvernia⁵

Para levantar los muros (fig. 39) es necesario nivelar, en primer lugar los sobrecimientos, y trazar con una piedra roja o negra las cajas que se cavan para colocar las riostras (fig. 39e) cada 97 cm. Después se debe construir 16 cm. mas de sobrecimientos entre las riostra, completando así aproximadamente 80cm de altura. Sobre esta mampostería fresca se instala la formaleta, comenzando en una esquina de la construcción. En seguida se ajustan bien las cuñas y los largueros con la cuerda y se coloca el testero con el ángulo: antes de echar la tierra se extiende un poco de mortero en los bordes y se cubren las riostra con piedra planas delgadas. Este mortero impide que antes de de empezar a pisar se salga la tierra por las juntas, mejorando así el acabado del muro.

Subir a la formaleta para verificar el ángulo y de vez en cuando verificar el aplomo con la ayuda del hilo. Echar la tierra dentro de la formaleta, extenderla con los pies, comprimirla con el pisón en capas de 8 a 10cm de espesor. Después de apisonar los bordes del muro, cruzar los golpes a fin de prensar la tierra en todos los sentidos. Bajo los amarre de las cuerdas, coordinar los golpes de los pisadores, porque este sitio es difícil de alcanzar verticalmente. En cada capa (de 16 cm.) poner, en el ángulo contra el testeo un poco de mortero a fin de reforzarlo.

Una vez terminado el apisonamiento se desmonta inmediatamente la formaleta y se coloca de nuevo de tal manera que recubra el extremo inclinado de la banca precedente lo cual asegura su posición.

⁵ DOAT Patrice, HAYS Alain, HOUBEN Hugo, MATUK Silvia, VITOUX Francois, Construir con tierra, tomo I, 1990, Pág. 29 - 30

Antes de comenzar a llenar con tierra colocar una junta con mortero para mejorar la unión con la parte ya pisada. Continuar así hasta terminar todo el perímetro de la casa. La primera hilada será suficientemente resistente para soportar el peso de los pisonadores y la superposición de la otra bancada. En el muro ya construido y antes de colocar la otra formaleta, hacer las cajas para las riostras desplazándolas de manera que no coincidan con la hilada anterior, a fin de prevenir la formación de fisuras verticales.

La formaleta de Lyon es mas fácil de transportar porque sus elementos son mas cortos, se cargan fácilmente en un automóvil: también ella debe formar parte del equipaje de cada maestro constructor del campo, para que pueda trabajar lejos de las ciudades, particularmente en los sitios montañosos donde las varas serian difícil de llevar ya que seria imposible atravesar las colinas sin causar daño.

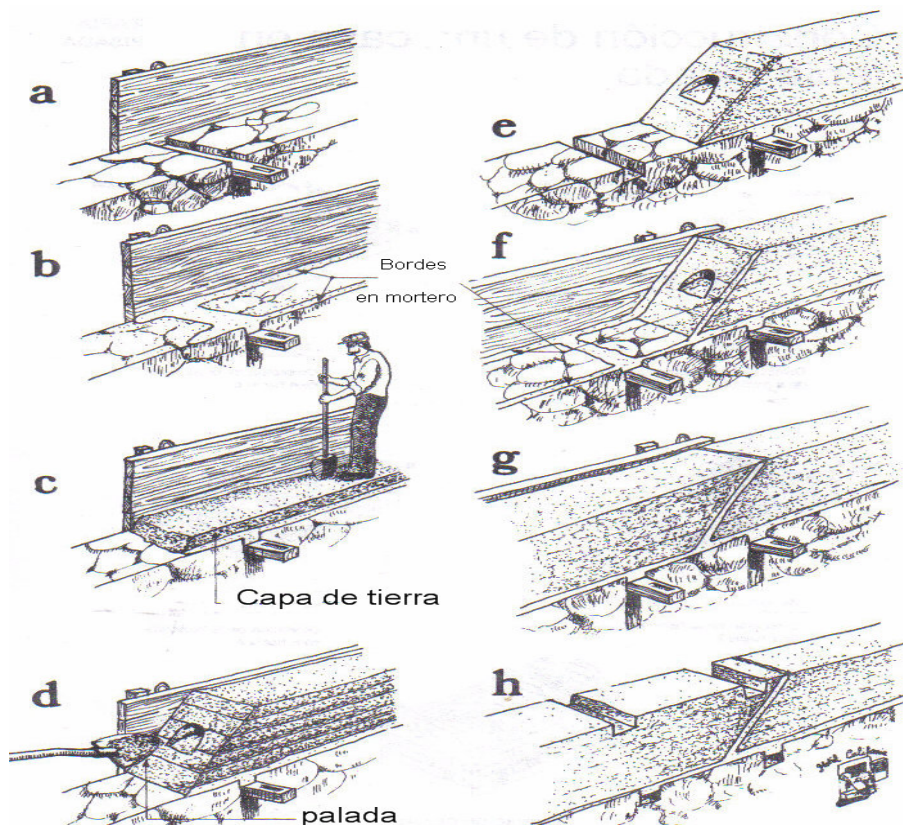


Figura 39. Fases de construcción de una bancada. **Fuente:** (CRATerre, 1990).

2.4.2 Método de Bugey⁶

Las formaletas no se apoyan en riostras, sino directamente en el piso por medio de largas barras verticales colocadas a los dos lados del muro. Al terminar el sobrecimiento, se clavan varas de madera de 8cm de diámetro, cada metro, al interior y exterior de los muros.

Una vez instalada toda la armadura las maniobras para el desplazamiento de la formaleta y la plomada de la misma se simplifican mucho.

Comenzando la casa en una esquina, los paneles de la formaleta, el testero y el codal se desplazan sobre cuatro series y lo único que hay que hacer, es amarrar las varas con una cuerda. Después de haber pisado esta primera sección de muro, se desatan las cuerdas, teniendo cuidado de sostener la formaleta a cada lado. Se deslizan hasta las varas siguientes donde se amarra de nuevo para la construcción, después de lo cual se traslada el encofrado hacia el interior, a fin de hacer la misma operación con los muros divisorios.

Las ventajas de este método es que se requiere de un molde, algunas varas rollizas, las cuerdas y los codales.

El método de Bugey es excelente para construir las caballerizas, los establos, las casas de las fincas y todos los trabajos necesarios para las construcciones agrícolas.

2.4.3 Juntas Verticales y Juntas Oblicuas⁷

En la construcción con tapia pisada se observan dos tipos de juntas: algunas son oblicuas otras son verticales como se muestran en las figuras 40 y 41.

⁶ DOAT Patrice, HAYS Alain, HOUBEN Hugo, MATUK Silvia, VITOUX Francois, Construir con tierra, tomo I, 1990, Pág. 32- 34

⁷ DOAT Patrice, HAYS Alain, HOUBEN Hugo, MATUK Silvia, VITOUX Francois, Construir con tierra, tomo I, 1990, Pág. 32- 34

Las juntas verticales obligan a colocar un testero en cada extremo de la formaleta, así esta se rigidiza y la cantidad de muro construido en una sola bancada es mayor. Las juntas oblicuas generalmente a 45°, mejoran teóricamente la unión entre bancada. Se ejecutan apisonando oblicuamente. La formaleta no necesita testero su montaje es mas rápido, pero apisonar el ángulo no es fácil y el volumen pisado es inferior.

Goiffon nos explican como se hacían las juntas oblicuas: cada bancada termina entonces en un plano inclinado, es el ojo del pisador el que guía para hacerlo, mirando en el borde de la formaleta, el punto hasta el cual debe rellenar al subir. Él determina la longitud de las capas de acuerdo a esa observación y mientras trabaja en este plano inclinado, dirige el pisón perpendicularmente a la inclinación que se había propuesto; es en este caso que se golpea así mismo.



Figura 40. Juntas oblicuas. **Fuente:** (CRAterre, 1990).



Figura 41. Juntas verticales. **Fuente:** (CRAterre, 1990).

CAPITULO III: TAPIA EN BUCARAMANGA

3.1 HISTORIA⁸

En la Bucaramanga de la segunda mitad del siglo XIX, se puede evidenciar una preocupación constante por organizar espacios para vivir, trabajar, recrearse y en general, facilitar el desarrollo de las actividades.

Entre los años 1850 – 1900, Bucaramanga fue creando y adecuando espacios públicos mientras especializaba algunos que fueron destinados tan solo a ser habitados.

Entre estos últimos (1900) años había tres tipologías que se fueron popularizando durante el transcurso de la segunda mitad del siglo XIX. Estas clases de casas fueron: las de bahareque, palo y paja, las de tapia, palo y teja y las mediaguas de tapia, palo y teja.

LAS VIVIENDAS DE BAHAREQUE, PALO Y PAJA

Desde los tiempos coloniales, los habitantes del nuevo reino de granada construyeron sus casas con los materiales que les ofrecía la naturaleza utilizando técnicas que se transmitían de una generación a otra por medio de la oralidad apoyada con la práctica.

Desde entonces y hasta la segunda mitad del siglo XIX, la forma de construir viviendas fue el resultado de las prácticas indígenas y españolas que se fueron perfeccionando y adecuando con el paso de los años.

⁸ ESPINOZA Carlos, Crecimiento Urbanístico de Bucaramanga 1850-1900, Bucaramanga 1996, Trabajo de grado (Historia), Universidad Industrial de Santander, Facultad de Humanidades.

Con respecto a las viviendas de paja, estas fueron las más populares a mediados del siglo XIX cuando Bucaramanga era una aldea y conformaba el casco urbano del pueblo, más tarde pasaron a ser sinónimos de las casas de los pobres. En su construcción se empleaban materiales económicos y abundantes entre los que se contaba la madera, la cañabrava, el palo, la paja, y la tierra.

El proceso se iniciaba con la selección, limpieza y adecuación del terreno por parte del albañil que podía ser el mismo dueño del lote; después se escogían entre cuatro o seis maderas que se clavaban para delimitar el terreno; luego se hacía la división con el bahareque o cañas separadas horizontalmente 5 cm. y rellenas con tierra, arena, estiércol de caballo, cal y agua; se les echaba paja, cáscara o leña. El techo era de cañabrava y sobre ella se ponía paja; se iba amarrando con bejuco que era extraído del fique, el cual se preparaba de antemano, se ponía a secar al sol; para protegerlo de los movimientos de la tierra se le ponían vigas aseguradas en el techo. Por su composición las paredes no permitían la entrada del agua ni de plagas y brindaban frescura y humedad en medio de la calidez del clima.

El suelo era apisonado o recubierto con una capa delgada de tierra que era tomada de los alrededores y distribuida uniformemente por toda la construcción siendo esta la parte que más se refaccionaba, puesto que era la que más se desgastaba.

Otro elemento eran las puertas elaboradas rudimentariamente en madera mientras que las ventanas no existían, motivo por el cual estas construcciones eran oscuras y poco ventiladas, hecho que en primera instancia, captó la atención de los indígenas y más tarde de los artesanos, pasando a ser las preferidas por estos grupos sociales.

LA VIVIENDA DE TAPIA PALO Y TEJA

Cuando las familias prestantes arribaron a Bucaramanga a comienzos del siglo XIX, trajeron consigo la idea de viviendas resistentes a las inclemencias de los climas, amplias y con alguna especialización interior. Estas exigencias se tradujeron en las casas de tapia palo y teja que existían con anterioridad pero que desde entonces fueron de sinónimos de personas adineradas y se emplazaron en el marco de la plaza principal, sus alrededores en el barrio de la doncella y en las calles del primero y segundo chorro.

Hacia la segunda mitad del siglo, este tipo de construcciones se hizo popular en tanto que se consolidó el sector de la doncella que tradicionalmente estuvo conformado por propiedades de este tipo y fue ocupado por familias que fueron acumulando capitales y que más tarde consolidaría la elite local.

El proceso de construcción se iniciaba en forma similar a las de paja con la excepción que la teja no era un elemento abundante, pero se conseguía en las veredas próximas al poblado en los sitios conocidos como los chircales o en hornos instalados cerca a una mina de barro.

Debido a sus características, estas construcciones presentaban más dificultades y costos en su elaboración lo cual involucraba un albañil con mejor dominio de las técnicas empleadas, un número mayor de obreros, de materiales y de tiempo; todo esto redundaba en los costos de vivienda en el momento de la compraventa lo cual hizo que su costo fuese superior a las de paja.

El proceso para la fabricación de una casa de tapia empezaba con la limpieza del terreno luego se levantaban los muros. Para ello se hacía sepas y unos 2.5 metros de profundidad por unos 70 u 80 cm. de ancho para

construir unos de 40 o 50 cm. de espesor, después la capa se llenaba con piedra y mezcote (mixtura que contenía tierra y cal) para que quedara fuerte.

Para la construcción del muro se utilizaba el tapial que se aseguraba a la cepa por medio de madera y lazo; una vez listo, se llenaba con tierra mojada y se apretaba hasta quedar compacta y se colocaban maderas que servían de soporte para la pared siguiente; sobre los muros se colocaban vigas con una separación de 2 metros entre ellas, sobre éstas se soportaban las soleras que sostenían el pendulón o pedazo de madera que indicaba el centro de la casa. Una vez estuviera listo se colocaba cañabrava amarrada con alambre que se recubría con barro y sobre este se aseguraban las tejas.

Otra de las partes, el piso, se elaboraba con tierra fina y mojada para que tomara forma; las paredes eran frisadas con pañetes (mezcla de estiércol, arena, agua) y se esperaban dos meses o más hasta que se secura para poder pintarlas con cal.

Su apariencia exterior se caracterizaba por la presencia de puertas y ventanas en maderas de mejor calidad que las de paja lo cual les otorgaba más claridad y ventilación; además, eran más espaciadas lo cual posibilitaba mayor número de habitantes y más higiene por la ausencia de plagas de cualquier tipo. Por consiguiente, estas razones elevaban el precio de las viviendas.

Hacia mediados del siglo, estas casas no tenían espacios especializados como cocina, despensa e inclusive separación de los cuartos; no obstante, a finales del siglo aparte de ser populares, eran las que más especializadas y organizadas presentaban su interior.

Al exterior, las casas de teja (tapia) estaban rodeadas por jardines, huertas y cultivos de yuca, plátano, cacao y maíz que se constituyeron en los más frecuentes en el pueblo.

Otro rasgo que las diferenciaba de las de paja era el cielo raso que se hacía mezclando barro, excremento de caballo y cal para tapar las cañas y luego se blanqueaba. Con el transcurso del tiempo, el cielo raso se convirtió en un elemento de diferenciación social debido a que no todas las casas lo tenían; como resultado, su presencia aumentaba el costo de la construcción.

Un ejemplo de estas casas son las casas – solares que a su vez se dividían en casas de cuatro tramos y tres tramos como se puede ver en la figura 42 y 43.

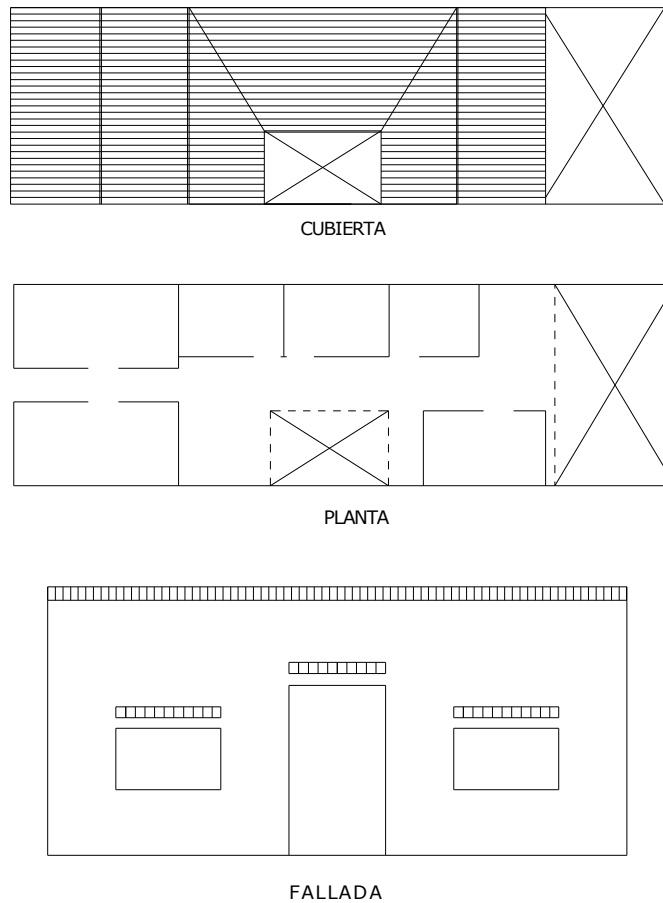


Figura 42. Casas solares de 3 tramos **Fuente:** Autores del proyecto.

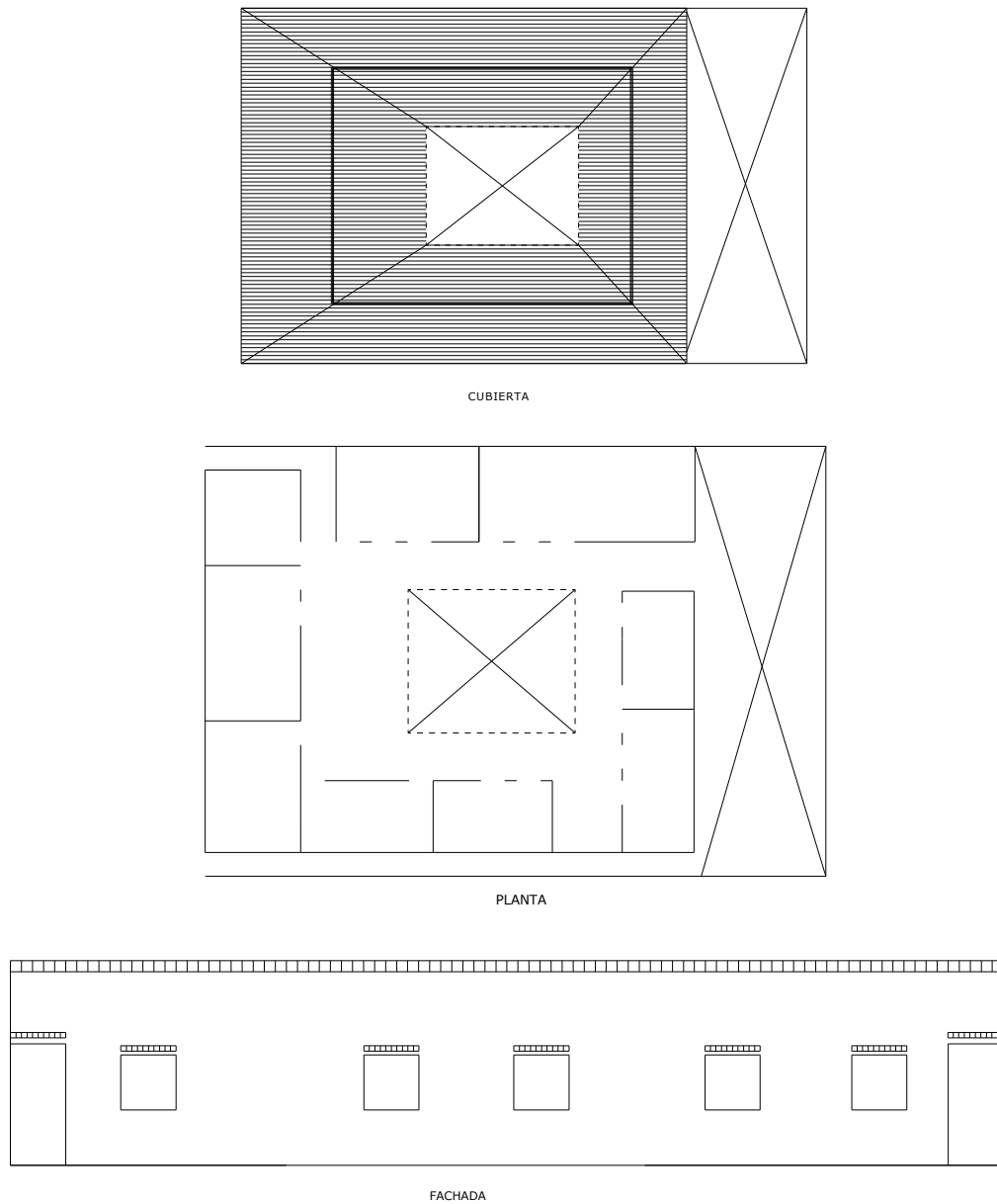


Figura 43. Casas solares de 4 tramos. **Fuente:** Autores del proyecto.

LAS MEDIAGUAS

Tomando como punto de referencia sus características físicas las mediaguas se situaban en la línea intermedia en las casas de paja y tapia.

Debido a que su composición física no ocupaba grandes espacios y tenía una presentación poco pulida, su costo no era elevado y se situaban en el lugar intermedio entre las casas de de paja y tapia, fenómeno que motivo su adquisición tanto para los pudientes como por los pobres.

Para el caso Bucaramanga, esta fue una construcción bastante popular en barrios como las Piñitas, ver figura 44.

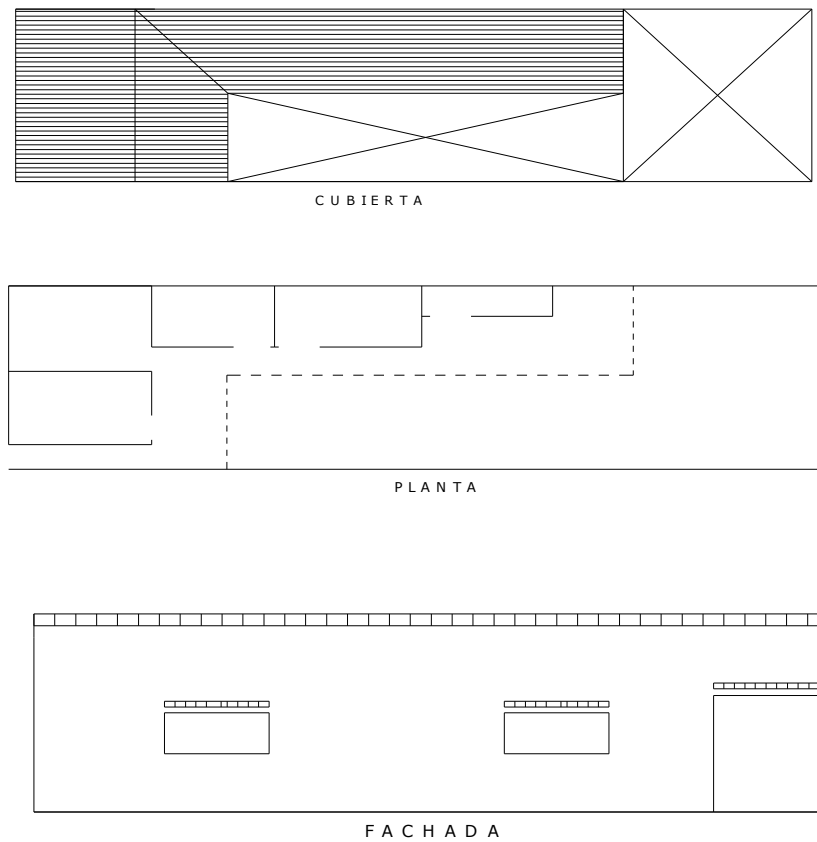


Figura 44. Mediaguas. **Fuente:** Autores del proyecto.

3.2 ZONIFICACIÓN DE BUCARAMANGA ⁹

La ciudad de Bucaramanga está dividida desde el punto de vista de sus edificaciones y sistemas estructurales en solo veinte zonas, considerando tres de ellas especiales. Estas zonas especiales corresponden a las edificaciones de la zona de la Universidad Industrial de Santander y sus colegios aledaños, edificaciones de la Guarnición Militar y la Villa Olímpica. La segunda zona especial concierne a la zona industrial de Chimita y a la de la vía de Girón y la tercera a zonas resientes de Invasión.

En el plano zonificación definitiva, figura 45 se ilustra las veinte zonas definitivas en las que se divide la ciudad de Bucaramanga.

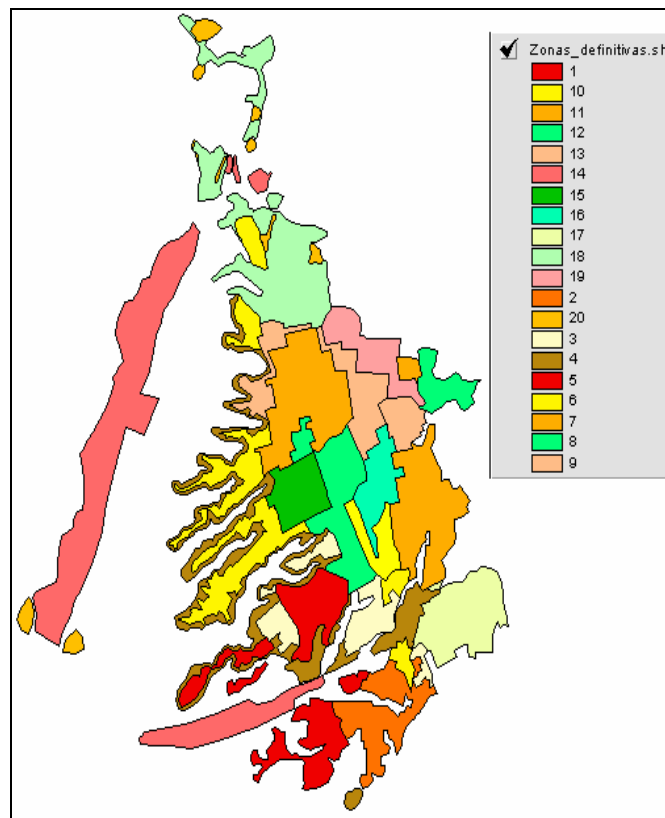


Figura 45. Zonificación en Bucaramanga. **Fuente:** Autores del proyecto.

⁹ MALDONADO Esperanza, CHIO Gustavo, Visión Estructural de las Edificaciones de la ciudad de Bucaramanga, 2007, Pag. 46-47

3.3 ZONIFICACIÓN DE TAPIA EN BUCARAMANGA¹⁰

Bucaramanga está construida en un 11% de Tapia Pisada, sistema de construcción que es esencialmente durable que pertenece al grupo de las viviendas que imploran el seguro de la arquitectura colombiana.

Una casa construida en tapia pisada tiene la triple ventaja de ser rápida de construir, de costar menos que las otras y de proporcionar después de su demolición, un abono maravilloso para ciertas tierras.

El siguiente plano, figura 46 presentan las zonas de predominio con edificaciones en tierra.

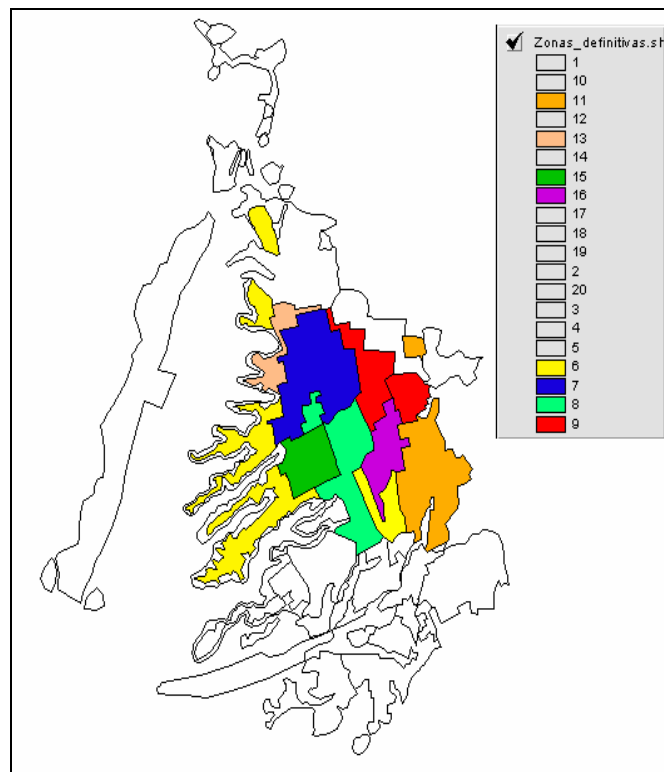


Figura 46. Zonas de predominio de tapia en Bucaramanga. **Fuente:** Autores del proyecto.

¹⁰ MALDONADO Esperanza, CHIO Gustavo, Visión Estructural de las Edificaciones de la ciudad de Bucaramanga, 2007

A Continuación se presentan las zonas con mas alto porcentaje (mayor al 25%) de construcciones en tierra en la ciudad de Bucaramanga, ver tabla 1 y figura 47.

ZONAS	PORCENTAJE
Zona 6	28.5
Zona 7	63
Zona 8	36.5
Zona 9	45
Zona 13	69.5
Zona 15	42
Zona 16	27

Tabla 1. Porcentaje de tapia por zonas en Bucaramanga.

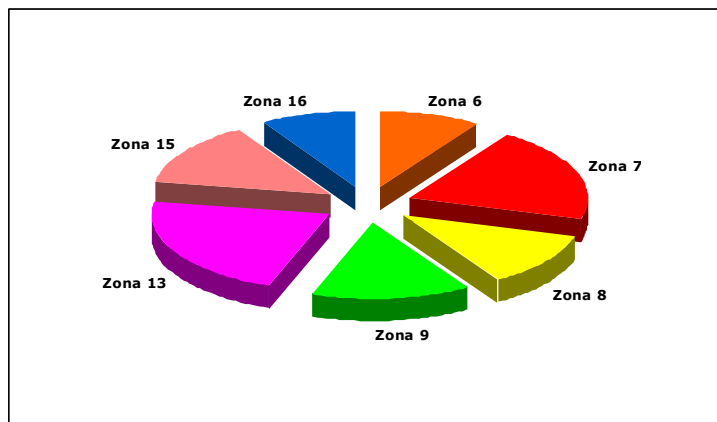


Figura 47. Porcentaje de tapia en por zonas en Bucaramanga. **Fuente:** Autores del proyecto.

3.3.1 Zona Seis

Se presenta en 4 sectores de la ciudad, localizados en diferentes puntos del centro y nor-occidente de la meseta de Bucaramanga, siendo el estrato socioeconómico predominante en ellos el 3. En ésta zona predominan fuertemente las viviendas en tapia pisada y adobe. La conforman los siguientes barrios. Ver tabla 2 y figura 48.

ZONA	BARRIOS
6	1 de Mayo
	23 de Junio
	Alfonso López
	Campohermoso
	Chorreras de don Juan
	Don Bosco
	El cinar
	Galán
	Girardot
	Granada
	Kennedy
	La Feria
	La Estrella
	La Hoya
	La Palma
	Nápoles
	Nariño
	Pio XII
	San Miguel
	San Rafael
Tejar del norte	
Villa Mercedes	
Norte Bajos	

Tabla 2. Barrios que constituyen la zona 6.

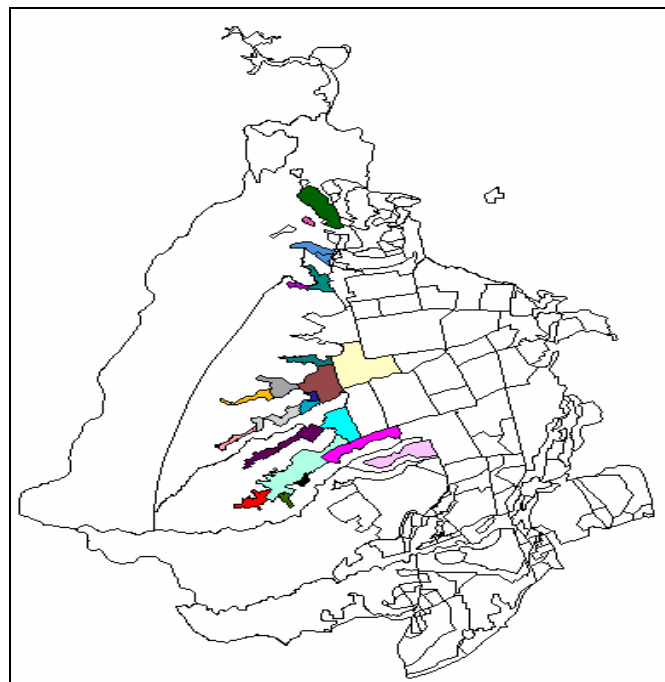


Figura 48. Barrios que constituyen la zona 6. **Fuente:** Autores del proyecto.

3.3.2 Zona Siete

Esta ubicada hacia el norte de la meseta en donde predominan edificaciones de uso residencial conformada por los siguientes barrios. Ver tabla 3 y figura 49.

ZONA	BARRIOS
7	Alarcón
	Chapineros
	Comuneros
	Gaitan
	Modelo
	Mutualidad
	Parte de la Universidad
	San Alonso
	San Francisco

Tabla 3. Barrios que constituyen la zona 7.

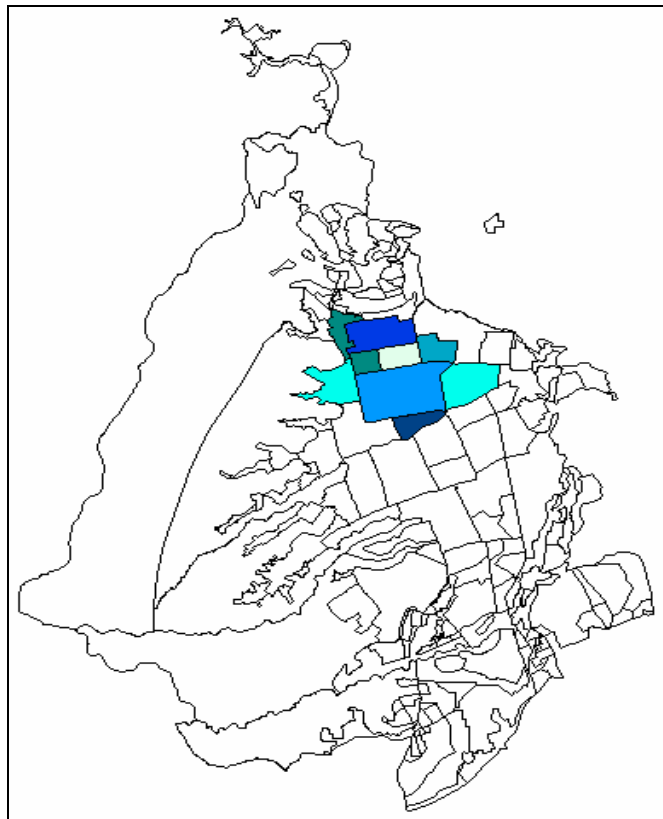


Figura 49. Barrios de la zona 7. **Fuente:** Autores del proyecto.

3.3.3 Zona Ocho

Esta ubicada en el centro de la meseta de Bucaramanga, existiendo algunos sectores que llegan hasta el sur, conformada por los siguientes barrios. Ver tabla 4 y figura 50.

ZONA	BARRIOS
8	Parte de Alarcón
	Aeropuerto
	Antonia Santos
	Bolívar
	La concordia
	Parte de San Francisco
	Parte del Centro
	Ricaurte

Tabla 4. Barrios que constituyen la zona 8.

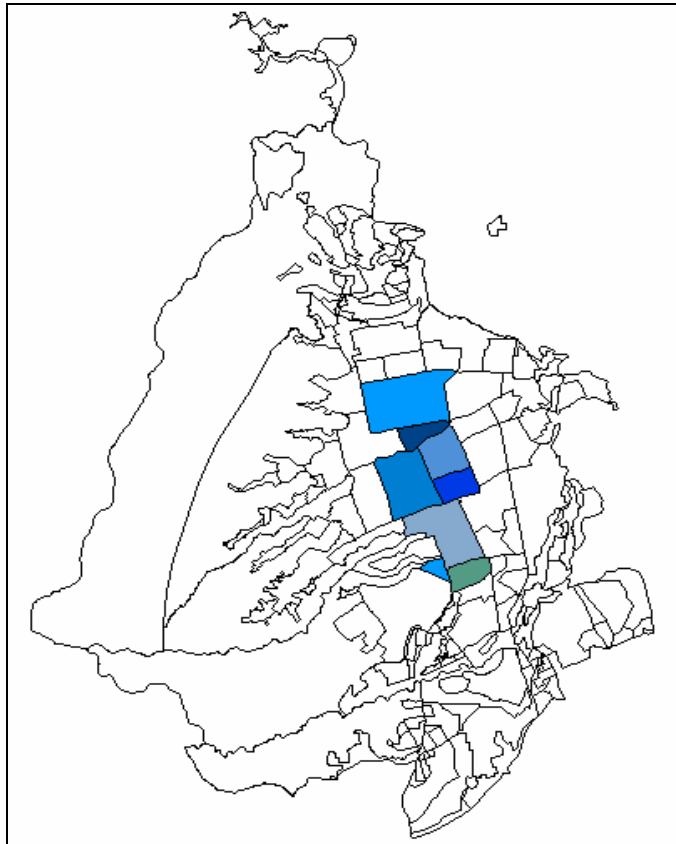


Figura 50. Barrios de la zona 8. **Fuente:** Autores del proyecto.

3.3.4 Zona Nueve

Se presenta en dos sectores de la ciudad, uno ubicado en el nor-oriente y el otro situado al sur-oriente del centro de la meseta, conformada por los siguientes barrios. Ver tabla 5 y figura 51.

ZONA	BARRIOS
9	Aurora
	Bolarqui
	El Prado
	Galán
	Las Americas
	Mejoras Publicas
	Mercedes
	Parte de Campestre
	Parte de Comuneros
	Parte de la Concordia
	Parte de Ricaurte
	Parte de San Alonso
	Parte de San Francisco
	Parte de Sotomayor
	Puerta de Sol
	Quinta Brigada
Universidad	

Tabla 5. Barrios que constituyen la zona 9.

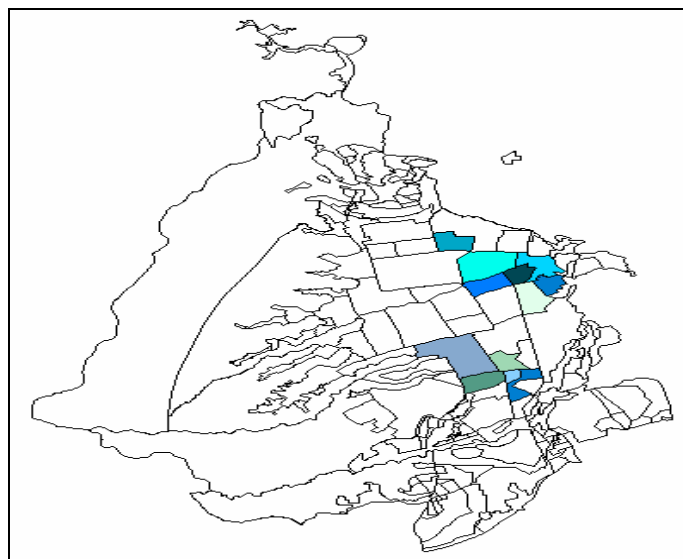


Figura 51. Barrios de la zona 9. **Fuente:** Autores del proyecto.

3.3.5 Zona Quince

Ocupa el área del centro de la ciudad la cual corresponde a la parte histórica, conformada por los siguientes barrios. Ver tabla 6 y figura 52.

ZONA	BARRIOS
15	Centro
	Parte de García Rovira

Tabla 6. Barrios que constituyen la zona 15.

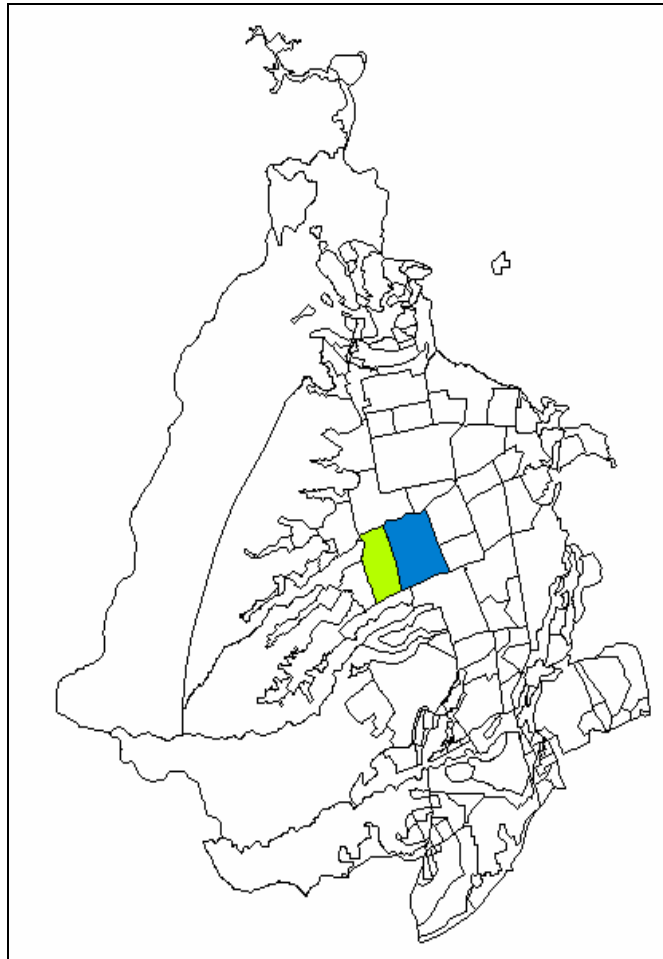


Figura 52. Barrios de la zona 15. **Fuente:** Autores del proyecto.

3.3.6 Zona Dieciséis

Esta ubicada en cercanías del centro de la ciudad, conformada por los siguientes barrios. Ver tabla 7 y figura 53.

ZONA	BARRIOS
16	Mejoras Publicas
	Parte de Bolívar
	Parte de Bolarqui
	Sotomayor

Tabla 7. Barrios que constituyen la zona 16.

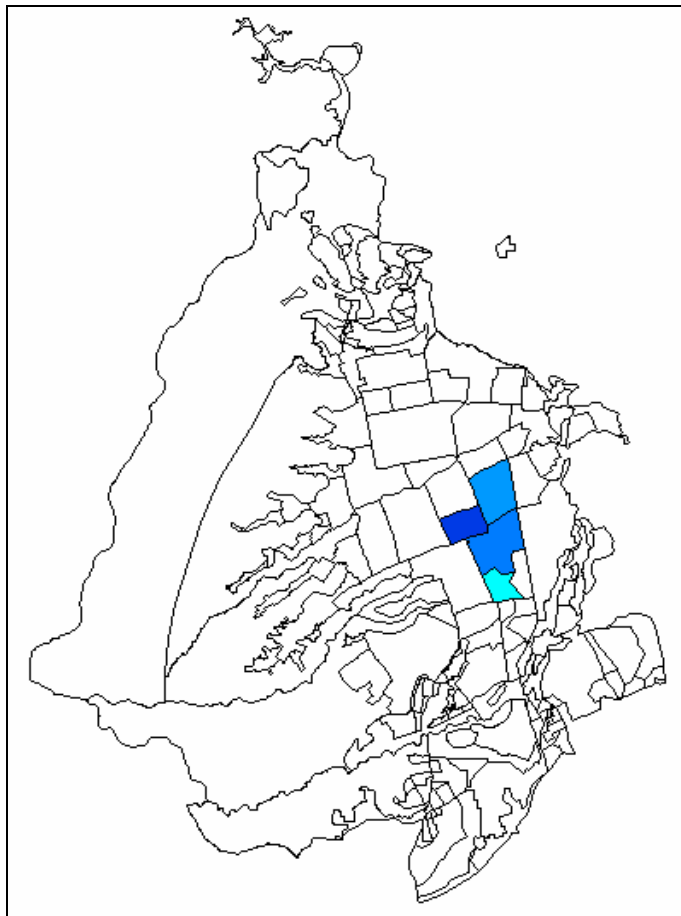


Figura 53. Barrios de la zona 16. **Fuente:** Autores del proyecto.

CAPITULO IV: TRABAJO DE CAMPO

Bucaramanga es una ciudad que se encuentra zonificada en función de los tipos estructurales (Maldonado y Chio 2007), es decir, las edificaciones en mampostería representa un 72 % de las obras totales, las construcciones en tierra constituyen un 11 % de las viviendas existentes y las restante un 17% en otro tipo de construcción.

Como se había mencionado en el capítulo anterior las zonas de mayor predominio con construcciones en Tapia Pisada son: La zona seis (28.5%), la siete (63%), la ocho (36.5%), la nueve (45%), la trece (69.5%), la quince (42%) y la dieciséis (27%), identificadas estas zonas se procedió a escoger las muestras (viviendas) al azar, teniendo en cuenta que como mínimo serían dos edificaciones por zona, quedando en definitiva la distribución de las casas por zona así, tabla 8 y 9.

Zonas	Casa analizadas
6	19
7	13
8	5
9	7
13	5
15	2
16	2
Total	53

Tabla 8. Casas analizadas por zona.

Zona	Casa Nº	Barrio	Dirección
6	1	Alfonso López	Calle 41 # 7 - 6
	2	Alfonso López	Calle 41 # 7 - 81
	3	Alfonso López	Cra 8 # 37 - 30
	4	Alfonso López	Calle 37 # 7 - 71
	5	Girardot	Cra 7 # 24 - 8
	7	Girardot	Calle 27 # 7 - 53
	8	Girardot	Calle 24 # 7 - 20
	9	Girardot	Calle 24 # 7 - 25
	10	Girardot	Calle 24 # 7 - 17
	11	Girardot	Cra 7 # 24 - 7

	12	Girardot	Calle 29 # 4 - 16
	13	Girardot	Cra 4 # 29 - 15
	14	Girardot	Calle 29 # 4 - 8
	15	Girardot	Calle 29 # 4 - 24
	16	Campohermoso	Cra 10 occ # 50 - 187
	17	Campohermoso	Cra 10 occ # 50 - 69
	18	Campohermoso	Cra 10 occ # 50 - 101
	19	Campohermoso	Cra 10 occ # 50 - 113
	20	Campohermoso	Cra 10 occ # 50 - 125
7	21	San Francisco	Cra 16 # 18 - 55
	22	San Francisco	Cra 16 # 18 - 58
	23	San Francisco	Calle 22 # 16 - 31
	24	San Francisco	Bulevar Santander # 16 - 58
	25	San Francisco	Bulevar Santander # 16 - 62
	26	San Francisco	Cra 17 # 21 - 24
	32	San Francisco	Cra 18 # 14 - 10
	33	San Francisco	Cra 18 # 14 - 60
	49	Comuneros	Calle 7 # 23 - 45
	50	Comuneros	Calle 7 # 23 - 27
	51	Mutualidad	Calle 11 # 21 - 52
	52	Mutualidad	Cra 21 # 10 - 50
53	Mutualidad	Cra 24 # 9A - 24	
8	38	Concordia	Cra 22 # 47-31
	6	Concordia	Calle 47 # 22-90
	46	Antonia Santos	Cra 23 # 31 - 133
	47	Antonia Santos	Cra 24 # 30-109
	48	Bolívar	Calle 39 # 21 -51
9	31	La Universidad	Calle 9a # 25 - 26
	34	Nuevo Sotomayor	Cra 26 # 45 - 61
	41	San Alonso	Cra 32B #14 - 22
	42	San Alonso	Cra 32B #14A - 24
	43	Galán	Calle 31# 33A - 75
	44	Galán	Calle 30A # 33 - 25
	45	Aurora	Cra 30 #32 - 33
13	27	Gaitan	Cra 12 # 13-51
	28	Gaitan	Cra 12 # 13-37
	29	Gaitan	Cra 12 # 13-21
	30	Gaitan	Cra 12 # 12-16
	37	Gaitan	Cra 15 # 11 - 113
15	35	Chorreras de don Juan	Cra 14 # 45 - 98
	36	Chorreras de don Juan	Cra 14 # 45 - 91
16	54	Sotomayor	Calle 53 # 23-53
	55	Sotomayor	Calle 57 # 23 - 47

Tabla 9. Ubicación de casas analizadas.

Las muestras de casas en demolición también se escogieron al azar visitando los distintos barrios pertenecientes a cada zona, siendo finalmente la distribución de dichas casas la siguiente, ver tabla 10.

CASAS DEMOLIDAS		
Zona	Barrio	Dirección
6	Alfonso López	Calle 37 # 6-14
	Alfonso López	Calle 42 # 6-51
7	San Francisco	Calle 14 21-26
	San Francisco	Cra 22 con 21
	San Francisco	Cra 22 con 12
	San Francisco	Cra 25 con 15
	San Francisco	Cra 19 con 21
	San Francisco	Cra 19 con 22
	San Francisco	Cra 19 con 12
	San Francisco	Cra 21 con 13
	San Francisco	Cra 21 con 13
9	Nuevo Sotomayor	Cra 29 con 34
	Nuevo Sotomayor	Cra 29 con 34
	Nuevo Sotomayor	Cra 29 con 34
	Nuevo Sotomayor	Cra 29 con 35
15	Centro	Cra 15 con 41
	Centro	Cra 17 con 37
	Centro	Cra 17 con 44
	Centro	Cra 18 con 41
16	Sotomayor	Calle 52 # 27A-51
	Sotomayor	Calle 52 # 27A-51
	Sotomayor	Calle 52 # 27A-51

Tabla 10. Ubicación de casas demolidas

FASE I

Para analizar a fondo los parámetros planteados fue necesario una toma de datos realizando un formulario el cual consta de cuatro partes que son: usos de la edificación, características generales de la edificación, edificaciones en tapia e información gráfica.

La encuesta realizada sirvió para analizar 53 casas, de las cuales se identificaron características tales como material, proceso y año de construcción, patología de los pañetes, muros y cubierta, número de pisos, estado de conservación. Al momento de realizar el levantamiento se utilizaron dos encuestadores que son los Protagonistas de ésta tesis, cuyos

nombres son: DELCY MAYERLING SOLAR SANTOS Y JAVIER CABALLERO ESTEBAN. A continuación se presenta el formulario de la primera fase de trabajo de campo.

FORMULARIO PARA EL LEVANTAMIENTO DETALLADO DE LAS EDIFICACIONES MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, SANTANDER



PARTE A: USOS DE LA EDIFICACION (Marcar solo una)

RESIDENCIAL		1	2
1	Morada Permanente (sin negocio)		
2	Morada Permanente (con negocio)		
3	Alojamiento temporal		
4	Casa institucional de grupo		
COMERCIAL		1	2
1	Negocio al detal		
2	Negocio al por mayor		
3	Servicio Profesional, técnico, de negocios y financiero		
4	Servicio de Cuidado médico		
5	Entretenimiento y recreación		
6	Parqueadero		
INDUSTRIAL		1	2
1	Fabricación y ensamble pesado		
2	Fabricación y ensamble liviano		
3	Procesamiento de comidas		
4	Procesamiento de químicos		
RELIGIÓN		1	2
1	Iglesia Católica		
2	Sitio de Oración		
EDUCACIÓN		1	2
1	Jardín Infantil		
2	Escuela-Colegio		
3	Universidad		
4	Instituto de enseñanza		
5	Bibliotecas y centros culturales		
SALUD		1	2
1	Hospital		
2	Clínica		
3	Puesto de Salud		
GOBIERNO		1	2
1	Servicios generales		
2	Servicios de respuesta de emergencias		
OTRO		1	2
1	Solar		
2	Edificación en construcción		
3	Bodega		

PARTE B: CARACTERISTICAS GENERALES DE LA EDIFICACION

I. MATERIAL		1	2
1	Tapia o bareque		
2	Adobe		

II. PROCESO CONSTRUCTIVO		1	2
1	Autoconstrucción		
2	Dirigido por ingenieros o arquitectos		
III. AÑO DE CONSTRUCCIÓN		1	2
1	Antes de 1700		
2	En el siglo XVIII		
3	En el siglo XIX		
4	Desde 1900 en adelante		
IV. GEOMETRÍA		1	2
1	Tipo de irregularidad en planta (ver instrucciones)		
V. DIAFRAGMA HORIZONTAL		1	2
1	Losa maciza (Espesor entre 0.05m y 0.15m)		
2	Losa aligerada (Espesor mayor de 0.15m)		
3	Losa prefabricada (Sección tipo T)		
5	Entre piso en Madera		
6	Sin diafragma		
VI. MATERIAL DE CUBIERTA		1	2
1	Losa de concreto		
2	Cubierta con zinc o eternit		
3	Cubierta con teja de barro		
VII. DATOS NUMÉRICOS		1	2
Número de pisos (sin incluir los sótanos)			
Altura 1er piso (m)			
Altura promedio de piso (segundo piso)			

PARTE C: EDIFICACIONES DE TAPIA

I. ESTADO DE CONSERVACIÓN		1	2
Muros en buena condición, sin fisuras visibles			
Muros que presentan fisuras no extendidas			
Muros con fisuras de tamaño medio entre 2 a 3 mm de ancho ó que presenten un estado mediocre de conservación.			
Muros que presenten un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de mas de 3 mm de ancho			
II. CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE			
HOMOGENEIDAD		1	2
Todas las unidades de Tapia o Adobe dentro del muro son del mismo tipo, y posee dimensiones constantes y correcta colocación.			
Existen varios tipos de unidades dentro de los muros, o las unidades del muro tienen dimensiones diferentes o incorrecta colocación.			
LIGAMENTO		1	2
Presencia de buen ligamento			
No existen juntas con mortero verticales u horizontales en algunas zonas del muro			
III. CONEXIÓN DEL ENTREPISO		1	2
1	El entre piso presenta buenas conexiones con el muro		
2	Presenta discontinuidad en el diafragma		
3	Presenta discontinuidad en el diafragma y deformaciones apreciables		
4	El entre piso presenta mala conexión con el muro, discontinuidades y deformaciones apreciables.		
IV. SISTEMA DE TECHO		1	2
1	La cubierta es estable o plana con viga cumbreira o de soporte		
2	La cubierta es estable y bien conectada a los muros, sin viga cumbreira o de soporte		
3	Presenta cubierta inestable, pero con viga de soporte		
4	Presenta cubierta inestable sin viga de soporte.		

V. ABERTURA EN LOS MUROS			
TAMAÑO DE LAS ABERTURAS EN LOS MUROS		1	2
1	Las aberturas son menores al 5% del área total del muro		
2	Las aberturas están entre el 5% y el 10% del área total del muro		
3	Las aberturas están entre el 10% y el 15% del área total del muro		
4	Las aberturas son mayores al 15% del área total del muro		
UBICACIÓN DE LAS ABERTURAS EN LOS MUROS		1	2
1	Las aberturas se encuentran distribuidas a lo largo del muro		
2	Las aberturas se encuentran en la parte central del muro		
3	Las aberturas se encuentran ubicadas en los costados del muro		
VI. ESTADO DE CONSERVACIÓN			
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MUROS		1	2
1	Los muros de tapia o adobe se encuentran en buena condición, sin daño visible		
2	Los muros de tapia o adobe presentan, agrietamientos de tipo capilar no extendido en todo el muro, caída de pañete		
3	Los muros de tapia o adobe presentan grietas de 2 a 3 mm de espesor, o con agrietamiento capilar extendido, o su estado de conservación es mediocre,		
4	Los muros de tapia o adobe presentan un grave deterioro en los materiales de construcción o con agrietamientos mayores a 3 mm,		
ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ENTREPISO Y LA CUBIERTA		1	2
1	Las cubiertas y el entre piso se encuentra en excelente estado		
2	Daño de las tejas en la cubierta y mal estado de algún elemento del entrepiso		
3	Deterioro del entre piso y la cubierta		
4	Gran daño en el sistema de entre piso y en la cubierta con zonas que se encuentra próximas al colapso		
VII. ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		1	2
1	La edificación no presenta cornisas, frontones, parapetos, ni balcones, o balcones pequeños que son extensiones de los entrepisos		
2	La edificación presenta elementos externos a la estructura de pequeña dimensiones		
3	La edificación presenta balcones corridos cubiertos o en tribuna que se encuentran colocados en voladizo		
4	La edificación presenta frontones o cualquier elemento externo a la estructura, de peso considerable, que puede caer en caso de un sismo		
VII. REFORMAS		1	2
1	La edificación presenta reformas en altura		
2	La edificación presenta reformas en planta		
3	No presenta reformas		
VII. TIPOS DE REFORMAS		1	2
1	Adición de muros en mampostería (en planta o en altura)		
2	Adición de placa		

PARTE D: INFORMACIÓN GRÁFICA DE LA EDIFICACION

Edificación numero: _____

PLANTA DEL PRIMER PISO

FASE II

En esta fase se realizó un inventario para analizar detalles más a fondo, como: tipo y profundidad de la cimentación, calidad del sistema resistente y conexiones. La muestra tomada fue de 21 casas en demolición ubicadas en las diferentes zonas de estudio. A continuación se presenta el formulario de la segunda fase de trabajo de campo.

FORMULARIO PARA EL INVENTARIO DE EDIFICACIONES EN DEMOLICIÓN MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, SANTANDER



I. CIMENTACIONES			
PROFUNDIDAD		1	2
1	0 – 1 m		
2	1 – 1.5 m		
3	1.5 – 2 m		
4	2 o más		
TIPO		1	2
1	Corrida		
2	Pilotes de madera		
3	Sin cimentación		
II. CALIDAD DEL SISTEMA RESITENTE			
TAPIA		1	2
1	Sistemas de módulos con esquinas integradas		
2	Sistemas de módulos con formaleta hasta el final		

ADOBE		1	2
1	Mampostería de buena calidad (uniformidad en su forma)		
2	Mampostería de mala calidad		
III. CONEXIONES		1	2
1	Existen conexiones entre muros.		
2	Existen conexiones entre muros y diafragma.		
3	Existen conexiones entre muros y cimentación.		
4	Tipo de anclajes (ver instrucciones)		

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRAFICO:

4.2 INTERPRETACIÓN DEL TRABAJO EN CAMPO

4.2.1 Uso de las Edificaciones

En las edificaciones estudiadas se encontró que la mayoría de ellas eran de uso residencial en comparación con las comerciales, como se muestra en la figura 54.

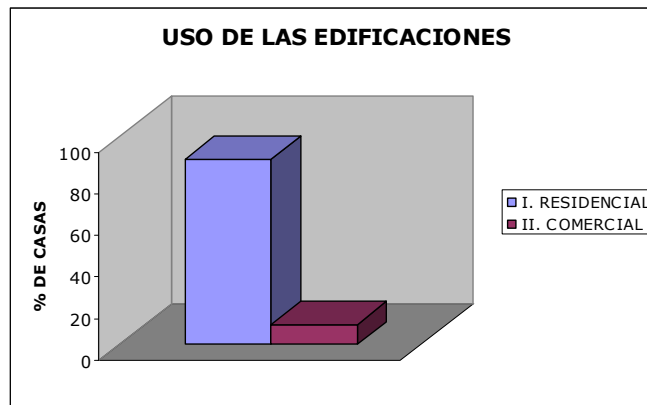


Figura 54. Uso de edificación. **Fuente:** Autores del proyecto.

Dentro del grupo de las viviendas residenciales se pudo encontrar que un alto porcentaje de estas son de morada permanente sin negocio aunque también las hay de morada permanente utilizada para negocios familiares como se puede ver en las figuras 55 y 56.

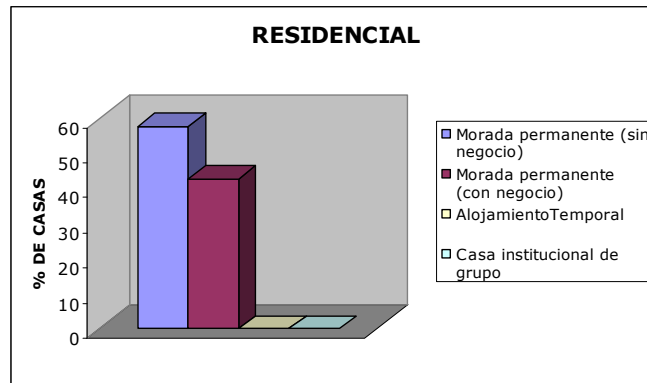


Figura 55. Clasificación de viviendas residenciales. **Fuente:** Autores del proyecto.

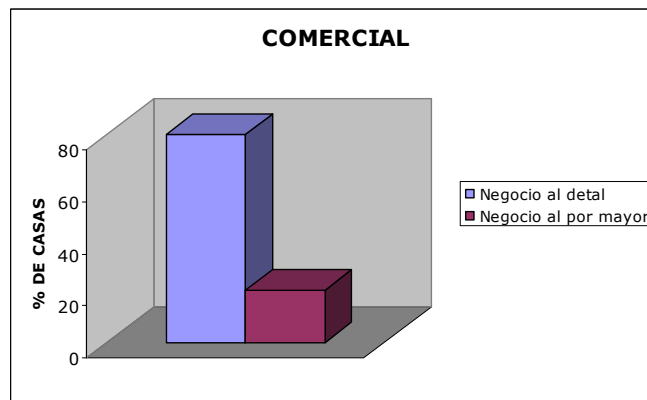


Figura 56. Clasificación de viviendas comerciales. **Fuente:** Autores del proyecto.

4.2.2 Sistemas de Construcción

Según la muestra de 53 viviendas estudiadas se observó, que 24 (46%) edificaciones tiene un proceso de construcción en tapia pisada, 15 (29%) fueron construidas en adobe y 13 (25%) poseen ambos sistemas, ver figura 57.

El 100% de la muestra fue autoconstruida como se muestra en la figura 58.

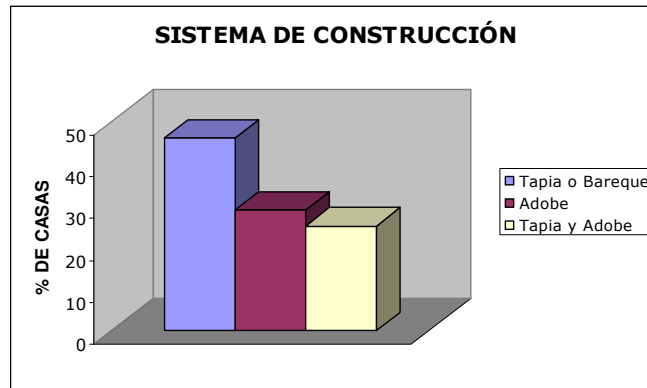


Figura 57. Sistema de construcción. **Fuente:** Autores del proyecto.

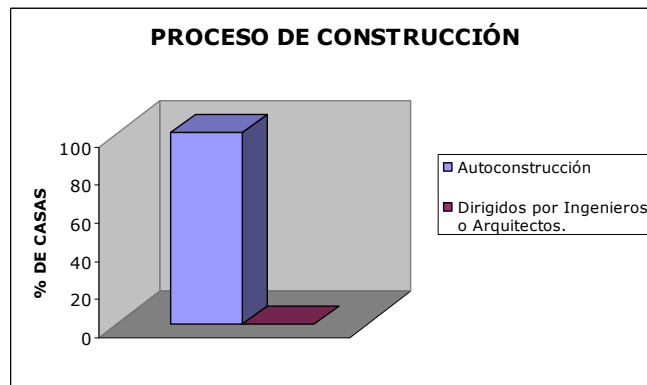


Figura 58. Proceso constructivo. **Fuente:** Autores del proyecto.

4.2.3 Cubierta

Se encuentra que muchas de las casa antiguas conservan su tradicional cubierta en teja de barro y caña brava; un bajo porcentaje de éstas se ven en la necesidad de cambiar su material por uno más liviano como el Eternit debido a problemas de deterioro. También existen algunas que por motivos de remodelación cambiaron una parte de su cubierta colocando materiales modernos. Ver figura 59 y 60.

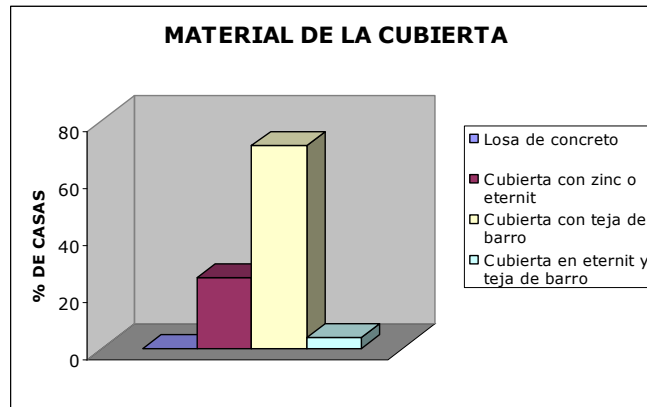


Figura 59. Material de cubierta. **Fuente:** Autores del proyecto.

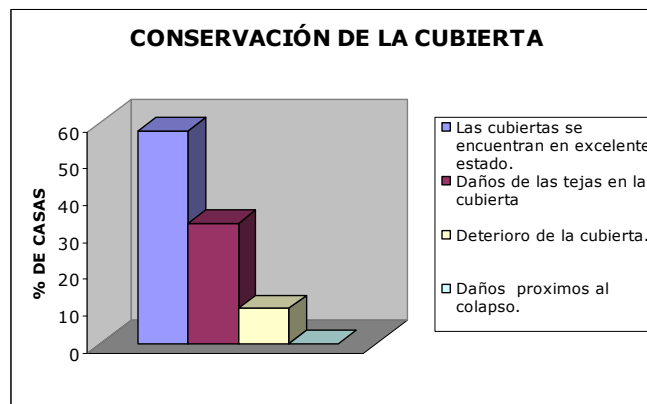


Figura 60. Conservación de la cubierta. **Fuente:** Autores del proyecto.

El tipo de cubierta predominante de estas casas es la estable; un gran número de éstas la poseen sin viga cumbreira y un bajo porcentaje tienen vigas de soporte, ver figura 61.

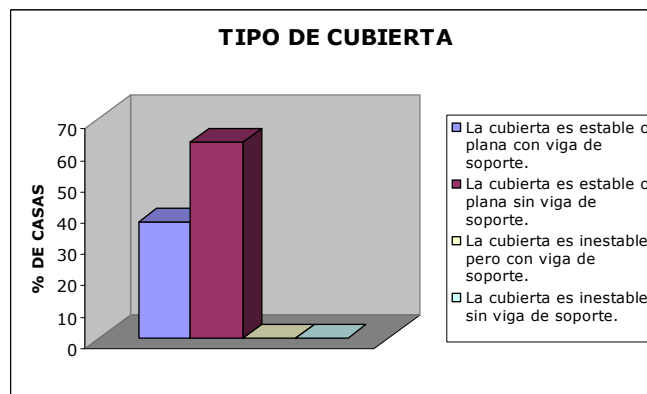


Figura 61. Tipo de cubierta. **Fuente:** Autores del proyecto.

4.2.4 Estado de Conservación

En el transcurrir de los años el estado de conservación de estas casas ha sido bueno, muestra de ello es el alto número de viviendas que poseen muros en excelente condiciones, sin omitir que existen algunas que tiene muros con fisuras y otras con sus muros en mal estado debido a su poco mantenimiento por parte de sus propietarios. Ver figura 62.

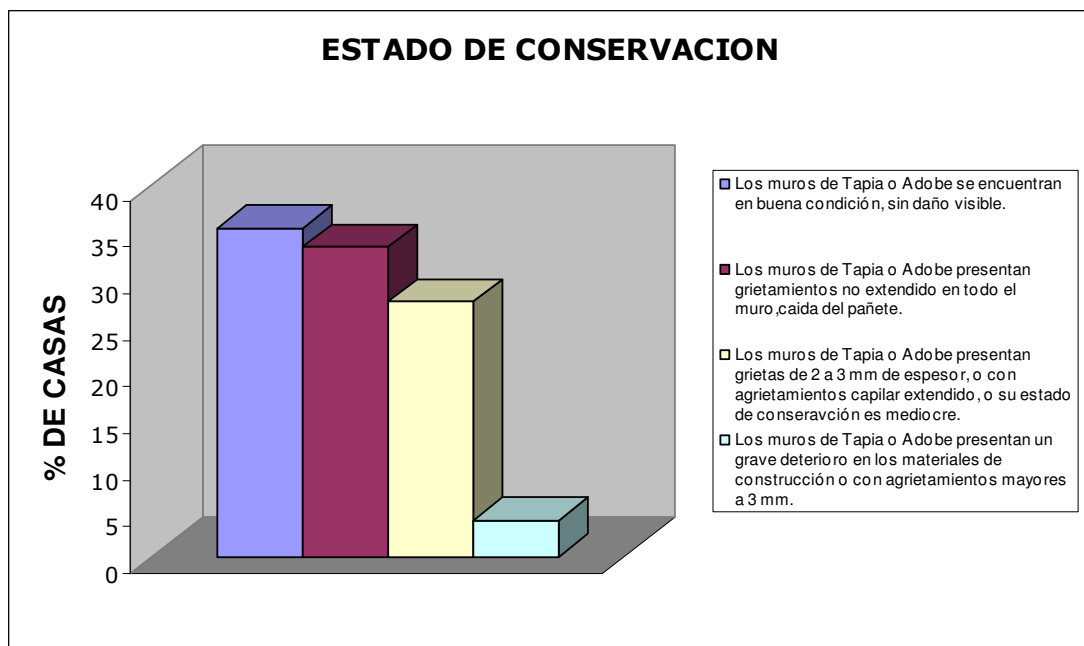


Figura 62. Estado de conservación. **Fuente:** Autores del proyecto.

4.2.5 Aberturas

Una de la característica encontrada con mayor frecuencia en las casas estudiadas fue las medianas dimensiones en sus puertas y ventanas debido a esto se encontró un alto porcentaje de viviendas que poseen sus aberturas entre el 10 y 15% del área total del muro, como se muestra en la figura 63. Aberturas que se localizan en la parte central y los costados del muro. Como se puede observar en la figura 64.

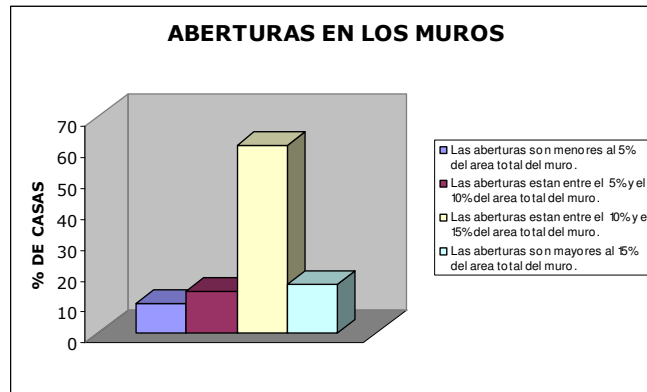


Figura 63. Porcentaje de aberturas. **Fuente:** Autores del proyecto.

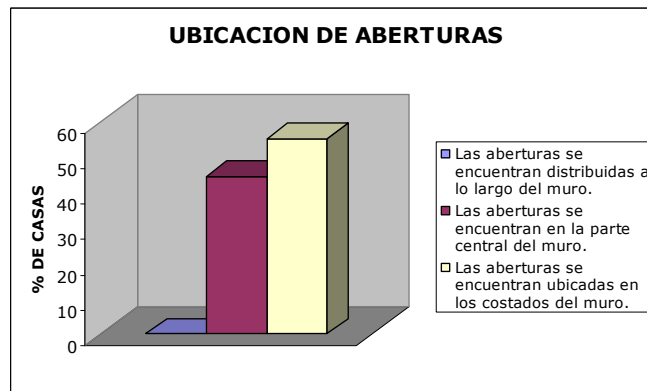


Figura 64. Ubicación de aberturas. **Fuente:** Autores del proyecto.

4.2.6 Reformas

Se puede decir que la arquitectura de las casas de tierra ubicadas en la ciudad de Bucaramanga aún se conserva, aunque algunas de ellas han sufrido reformas tales como la construcción de baterías de baño localizadas en el solar (patio trasero). Ver figura 65.

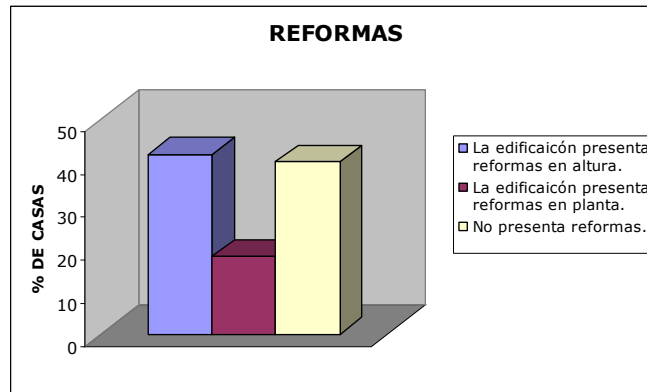


Figura 65. Tipos de reforma. **Fuente:** Autores del proyecto.

4.3 EDIFICACIONES EN DEMOLICIÓN

Según la muestra escogida de viviendas en demolición en la ciudad de Bucaramanga se puede observar una gran similitud en cuanto a características constructivas se refiere debido a que se encontró que la cimentación era aproximadamente entre 1 y 1.5 m de profundidad compuesta por piedra, barro, siendo ésta de tipo corrida como se muestra en la figura 66.



Figura 66. Cimentación. **Fuente:** Autores del proyecto.

Estaban construidas en Tapia Pisada o en Adobe o en ambas, con sistemas de módulos con formaletas hasta el final. En cuanto al Adobe se conservaba

la uniformidad en su forma con presencia de ligamento; aunque algunas casas la carecían. Ver figura 67 y 68.



Figura 67. Presencia de uniformidad. **Fuente:** Autores del proyecto.



Figura 68. Carencia de uniformidad. **Fuente:** Autores del proyecto.

En cuanto a las conexiones entre muros se colocaba trabe aproximadamente cada metro a lo largo del muro, constituido por madera rolliza, tablas, caña, etc. Como se muestra en la figura 69 y 70.

Todas las edificaciones carecieron de conexiones entre muro y la cimentación. Ver figura 71.



Figura 69. Trabe con madera Rolliza. **Fuente:** Autores del proyecto.



Figura 70. Trabe con caña brava. **Fuente:** Autores del proyecto.



Figura 71. Carencia de conexión entre el muro y la cimentación. **Fuente:** Autores del proyecto.

4.3

TIPOLOGIA ARQUITECTONICA POR ZONAS

ZONAS	TIPOLOGIA
6	En esta zona predominan las casas tipo Mediaguas, aunque existen algunas tipos casa – solar de tres tramos.
7	En esta zona hay tanto Mediaguas como Casas – solares de 3 tramos, aproximadamente en iguales proporciones.
8	En esta zona se encuentran todas las topologías anteriormente mencionadas, es decir, las Mediaguas (mayor cantidad), las Casas – Solares de tres tramos y las Casas – Solares de cuatro tramos (en menor cantidad).
9	En esta zona predominan las casas tipo Mediaguas, aunque existen algunas tipos casa – solar de tres tramos.
15	Se encuentran en mayor cantidad las Casas – Solares de tres y cuatro tramos y en una pequeña proporción la Mediaguas
16	La mayoría de las casas de esta zona son tipo Casas – Solares de tres tramos.

Tabla 11. Tipología arquitectónica por zonas.

CAPITULO V: COMPORTAMIENTO SISMICO

El sismo ocurre por el movimiento de las placas tectónicas o por actividades volcánicas. Las áreas en el mundo que son más propensas a los sismos se muestran en la figura 72.

Los más fuertes se han registrado en el anillo del Pacífico a lo largo de la costa de Estados Unidos influyendo también en Nueva Zelanda, Japón y Nueva Guinea. Otra zona propensa a los sismos se encuentra a lo largo del anillo ecuatorial, ver figura 72.

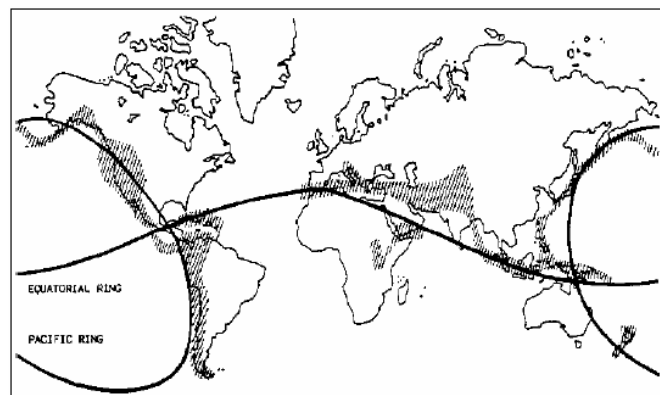


Figura 72. Zonas sísmicas. **Fuente:** (Houben, Guilaund et al. 1984)

En Asia se detectaron sismos de una intensidad de 8 en la escala de Richter y en los Andes sismos por encima de 8.7 han sido registrados. Cerca de cien sismos con una intensidad mayor de seis y veinte con una intensidad mayor a siete en la escala de Richter son registrados anualmente. Muchos miles de personas son afectadas por estos cada año.

En construcciones de uno o dos niveles el peligro consiste en que con el movimiento de los muros tienden a caer hacia fuera y por lo tanto los techos o entrepisos se derrumban, una solución técnica antisísmica para

construcciones hasta dos niveles busca que los muros no se abran hacia fuera y que los techos se encuentren bien arriostrados.

Las construcciones antisísmicas deben disponer de una ductilidad mayor. Esto significa que deben ser capaces de asumir parte de la energía con las deformaciones plásticas. Ductilidad es la capacidad en la que una estructura puede sufrir deformaciones sin romperse.

5.1 EFECTOS DE LOS SISMOS EN LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y TAPIA PISADA¹¹

Aunque buena parte de los centros históricos construidos en tierra se mantienen en pie, la experiencia ha demostrado que son vulnerables a los terremotos y que pueden ser afectados notablemente por eventos sísmicos de magnitudes intermedias o altas.

Las intervenciones estructurales en este tipo de edificaciones deben realizarse cuidadosamente manteniendo un adecuado equilibrio que permita la conservación de las características arquitectónicas del bien del inmueble y la seguridad de sus ocupantes.

Considerar el que estas edificaciones hayan pasado un largo periodo en pie como el principal indicio de sismo-resistencia puede conducir a equívocos y a consecuencias nefastas cuando se presenta un evento sísmico; por ejemplo lo sucedido a muchas de las estructuras de tierra en la ciudad de Lamas – Perú el 25 de septiembre del 2005, en donde una buena cantidad de estas sufrieron daños en su esquinas debido a un sismo, ver figura 73. Pero también, por otra parte, despreciar la posible capacidad sismorresistente de

¹¹ Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en Adobe y Tapia Pisada, 2004, Cáp. 2, Pág. 3

una edificación adecuadamente rehabilitada puede inducir propuestas de intervención incorrectas que atentan contra el valor cultural, estético y arquitectónico de la edificación.

Un conocimiento adecuado de las propiedades mecánicas de las construcciones de adobe, tapia pisada y de las diferentes alternativas de rehabilitación facilita la selección de esquemas óptimos que permiten integrar los criterios de seguridad con los de conservación patrimonial.



Figura 73. Efectos de los sismos en construcciones de tierra. **Fuente:** www.lamasperu.com/información/terremoto.htm

5.2 REQUISITOS CONSTRUCTIVOS Y DE DISEÑO¹²

Al diseñar viviendas para zonas propensas a los sismos se deben considerar que las fuerzas sísmicas que actúan sobre la vivienda sean proporcionales a la masa y que la deflexión se incremente significativamente sobre la altura del edificio. Por consiguiente, al diseñar edificios de dos pisos se aconseja que la planta baja sea sólida mientras que la alta sea ligera, preferiblemente una estructura flexible de madera con bahareque (quincha). En cualquier caso las cubiertas pesadas con planchas, pizarras y tejas deben evitarse.

Las razones por las que los muros por lo general se derrumban es porque no tienen un encadenado (viga superior de anillo) y/o por su falta de resistencia a las fuerzas de corte o flexión. Asimismo, las aberturas de puertas y ventanas causan el debilitamiento del muro. Bajo influencia sísmica las fuerzas se concentran en las esquinas de las aberturas creando grietas. Con el objetivo de reducir el peligro del colapso se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Las viviendas no se deben ubicar en terrenos inclinados.
- ❖ Es ventajoso si la frecuencia de resonancia de la vivienda no es igual a la frecuencia del movimiento telúrico durante el sismo. Esto implica que las viviendas pesadas construidas con técnicas sólidas no deben ser ubicadas sobre una base de roca dura sino sobre suelos arenosos o limosos. Las viviendas ligeras sin embargo se comportan mejor sobre un suelo blando.
- ❖ Los espacios de la vivienda no deben tener diferentes niveles ni tener alturas distintas. Si así fuera, estas partes deben estar estructuralmente separadas. Debido a que las secciones de diferentes alturas tienen frecuencias desiguales de resonancia, se les debe permitir tener una oscilación independiente.

¹² MINKE Gernot, Manual de construcción en tierra, 2001, Cáp. 15, Pág. 163 a 166.

- ❖ La planta de la vivienda debe ser tan compacta como sea posible. Las plantas circulares dan una mejor rigidez que las rectangulares.
- ❖ Las plantas con ángulos no son recomendables, si estas fuesen necesarias se recomienda separar los espacios, la unión entre los mismos debe ser flexible y liviana, ver figura 74.

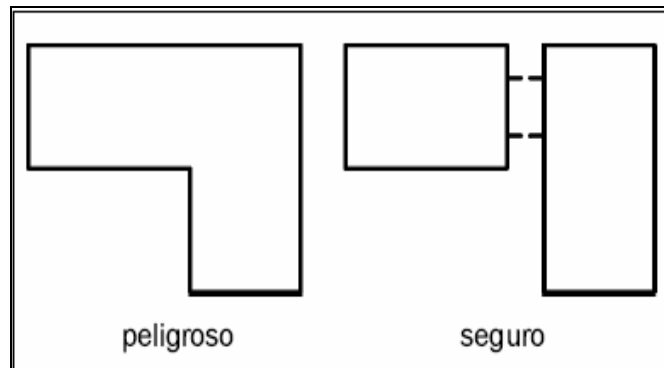


Figura 74. Diseño de plantas. **Fuente:** (Minke et al. 2001).

- ❖ Los cimientos deben actuar como una cadena de anclaje rígida (viga perimetral) y por ello, deben estar adecuadamente reforzados.
- ❖ Los cimientos, muros y techos deben estar bien fijados entre sí y las juntas en condiciones de resistir las fuerzas de corte que se producen.
- ❖ Como encuentro superior de los muros debe construirse un encadenado (viga anillo) que enlace toda la estructura.
- ❖ Los muros deben ser estables contra las fuerzas de tracción y corte que se producen. La mampostería debe realizarse con juntas bien rellenas y morteros con buena capacidad aglutinante.
- ❖ Los muros portantes de mampostería deben tener un espesor mínimo de 40 cm. y su altura no debe ser mayor a seis veces su espesor.
- ❖ Los muros de mampostería deben reforzarse cada 3 a 4 m con columnas que estén fijadas estructuralmente a los cimientos (capaces de tomar momentos).
- ❖ Las esquinas de los muros, juntas entre muros y las aberturas de las ventanas deben rigidizarse con columnas verticales de madera,

hormigón armado que estén fijados a los cimientos o con contrafuertes de tal manera que las fuerzas horizontales no muevan los elementos.

- ❖ Las cubiertas deben ser tan ligeras como sea posible. Se recomienda fijar la estructura de la cubierta a columnas dentro o fuera de los muros, de tal manera que ante fuerzas sísmicas su movimiento sea independiente al de los muros.
- ❖ Los empujes horizontales de bóvedas y cúpulas deben estar suficientemente asegurados con encadenados, contrafuertes o tirantes.

Existen dos métodos constructivos para diseñar construcciones antisísmicas: El primer método, el cual es más común, consiste en construir muros y cubiertas al igual que sus juntas tan fuertes que no puedan romperse ni deformarse bajo cargas sísmicas.

El segundo método se trata de permitirle a la estructura del edificio ser elástica de tal manera que la energía cinética del impacto sísmico se disipe por la deformación del edificio. Esta es la solución más inteligente, especialmente debido a que se requiere menos material y esfuerzo.

5.3 FORMA DE LA PLANTA¹³

Un método simple de simular el impacto de un sismo se demostró en una tesis de doctorado en la Universidad de Kassel donde un peso de 40 kg. sobre un péndulo de 5.5 m de longitud se deja oscilar y golpear modelos de viviendas antisísmicas, ver figura 75.

¹³ MINKE Gernot, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, 2001, Pág. 9 - 10



Figura 75. Simulacro de impacto sísmico. **Fuente:** (Minke et al. 2001).

Estudios comparativos se hicieron con una planta cuadrada y una circular mostrando la mayor estabilidad de ésta última.

Luego de cuatro golpes, dos de los muros del modelo con la planta cuadrada colapsaron mientras que el modelo con la planta circular no colapsó incluso hasta después de siete golpes, ver figura 76, 77, 78, 79 y 80.



Figura 76. Ensayos sísmicos para modelos con plantas cuadradas. **Fuente:** (Minke et al. 2001).



Figura 77. Ensayos sísmicos para modelos con plantas cuadradas. **Fuente:** (Minke et al. 2001).



Figura 78. Ensayos sísmicos para modelos con plantas cuadradas. **Fuente:** (Minke et al. 2001).

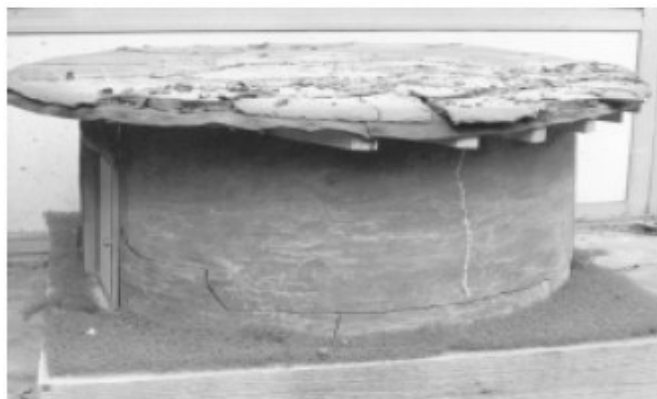


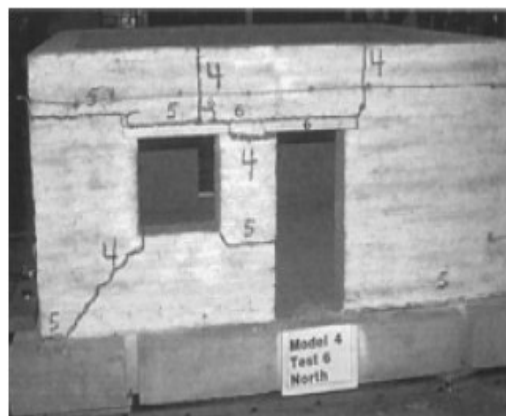
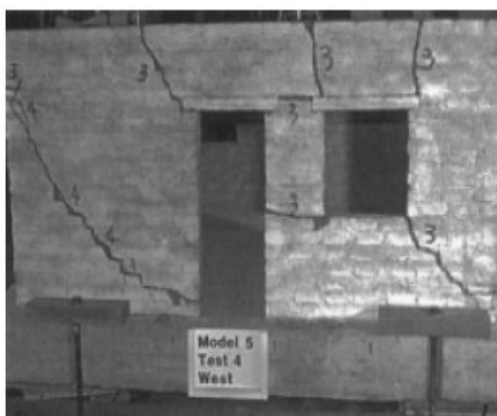
Figura 79. Ensayos sísmicos para modelos con plantas circulares. **Fuente:** (Minke et al. 2001).



Figura 80. Ensayos sísmicos para modelos con plantas circulares. **Fuente:** (Minke et al. 2001).

5.4 DAÑOS TÍPICOS POR MOVIMIENTOS SÍSMICOS Y ERRORES DE DISEÑO¹⁴

Las figura 81, muestra grietas típicas en modelos a escala 1:5 provocadas por un movimiento sísmico simulado (Tolles et al. 2000).



¹⁴ MINKE Gernot, Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, 2001, Pág. 11

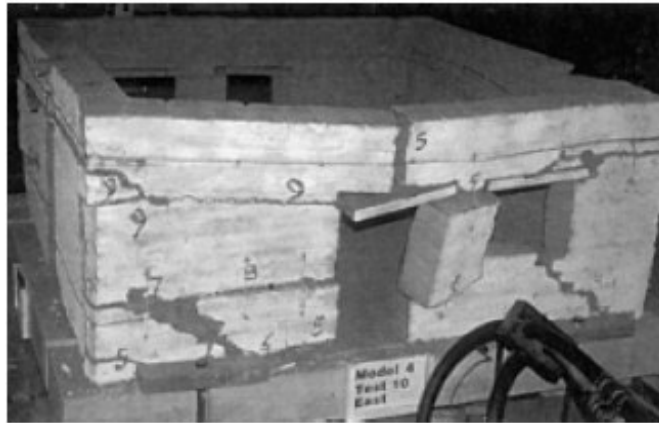


Figura 81. Grietas producidas por sismos simulados en modelos. **Fuente:** (Tolles et al. 2000).

En ellos, se pudo observar que en los vanos de las ventanas a partir de las esquinas inferiores aparecen grietas diagonales hacia abajo. Si el área de muro entre los vanos de la ventana y la puerta es muy angosta, ésta se debilita y tiende a derrumbarse.

Si no hay traba entre los dinteles y la mampostería aparecen grietas horizontales, ver figura 81.

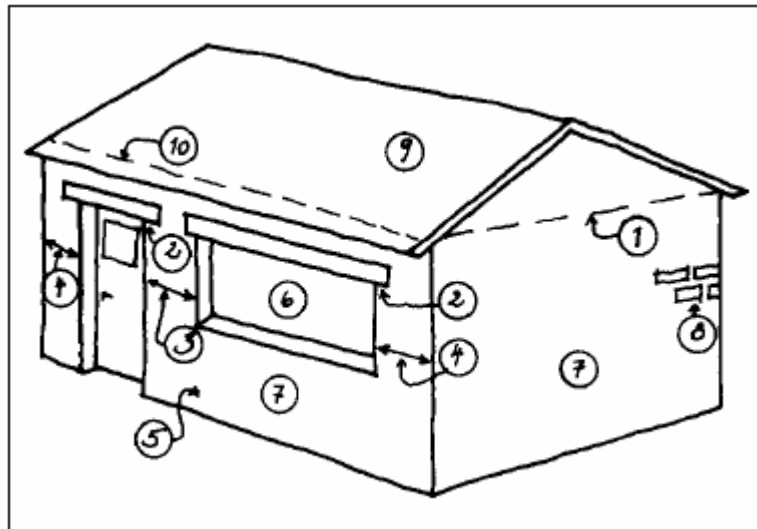


Figura 82. Errores estructurales que provocan riesgo de derrumbe durante un sismo. **Fuente:** (Minke et al. 2001).

1. Ausencia de un refuerzo horizontal
2. Los dinteles no penetran suficientemente en la mampostería
3. El ancho del muro entre los vanos de la ventana y la puerta es demasiado angosto.
4. El ancho entre los vanos de la ventana y la puerta en relación a las esquinas es demasiado angosto.
5. Ausencia de sobrecimientos.
6. El vano de la ventana es demasiado ancho.
7. El muro es muy largo y delgado sin tener elementos de estabilización.
8. La calidad de la mezcla del mortero es pobre, las uniones verticales no están completamente rellenas, las uniones horizontales son demasiado gruesas.
9. La cubierta es demasiado pesada.
10. La cubierta tiene un arriostamiento débil con el muro.

5.5 EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A CARGAS LATERALES, MODELO DE ABRAMS PARA MAMPOSTERÍA NO REFORZADA¹⁵

El comportamiento observado de la mampostería frente a carga lateral cíclica, se clasifica según el tipo de falla, tal como se habló anteriormente; muestra que la resistencia última se encuentra mucho después del primer agrietamiento. La explicación de este comportamiento puede ser descrito mediante un análisis de equilibrio instantáneo de las diferentes fuerzas y reacciones que se encuentran en el panel. En la figura 83 H, representa la fuerza lateral actuante; h , la altura libre del panel; f_a , es el esfuerzo de compresión; L , la longitud total del panel; f_{max} , es el esfuerzo máximo en la fibra extrema en compresión situada en el extremo inferior del panel producto del esfuerzo de compresión vertical actuante y el esfuerzo resultante del

¹⁵ GOMEZ Ivan, RODRIGUEZ Eder, Generación de funciones de vulnerabilidad para edificaciones de mampostería no reforzada de baja altura utilizando técnicas de simulación, Bucaramanga 2006, Trabajo de grado (Ing. Civil), Universidad Industrial de Santander, Facultad Físico-mecánicas.

momento flector que genera la fuerza H; e, es la excentricidad producida por el estado de flexo compresión; d, es la distancia a la fibra extrema en compresión hasta la fibra libre de esfuerzo.

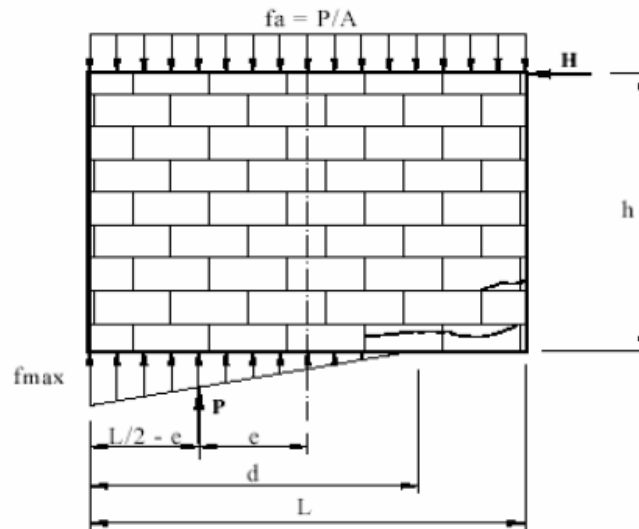


Figura 83. Panel de muro en mampostería. **Fuente:** (Gómez, Rodríguez, et al. 2006).

La resultante de los momentos flectores con respecto al eje centroidal se puede expresar de la siguiente manera.

$$H * h = P * e \Rightarrow e = \frac{H * h}{P} \quad (1)$$

Estableciendo la suposición de distribución de esfuerzos a compresión lineal en la sección transversal del panel, se puede estimar que la zona comprimida d, en la base se puede determinar como un prisma de presiones de sección tipo triangular, considerando además, que la resistencia a esfuerzos de tracción del muro de mampostería es nula. La resultante vertical P, estará ubicada siempre en el centro de gravedad de dicho prisma, por lo anterior la expresión que define a d sería.

$$d = 3 * \left(\frac{L}{2} - e \right) \Rightarrow d = 3 * \left(\frac{L}{2} - \frac{H * h}{P} \right) \quad (2)$$

Realizando el equilibrio de fuerzas, esto es, igualando el volumen del prima de presiones con la carga vertical aplicada, se obtiene la expresión que evalúa el esfuerzo al cual está sometida la fibra extrema a compresión:

$$f_{\max} = \frac{2p}{3 * b \left(\frac{L}{2} - \frac{H * p}{p} \right)} \quad (3)$$

Esta expresión tiene validez, si se supone que los esfuerzos de compresión tiene una dependencia lineal con las deformaciones; sin embargo cualquier no linealidad en la distribución de esfuerzos generaría un bulbo de compresión que podría trasladar la fuerza resultante vertical hacia la fibra externa de compresión, aumentando de esta manera la capacidad de resistencia a flexión, por lo que la fórmula anterior puede resultar un tanto conservadora.

5.5.1 Capacidad de Resistencia Lateral por Flexo-Compresión

Un límite de seguridad puede ser estimado en el instante que f_{\max} en la ecuación anterior alcance un valor máximo permisible F_a ; debe aclararse que a pesar de que en la realidad el valor de f_{\max} se debe a un comportamiento de flexo-compresión, Abrams sugiere utilizar el esfuerzo admisible de compresión F_a en lugar del esfuerzo admisible a la flexión F_b , que generalmente es mayor que el anterior. De ésta forma se sustituye el esfuerzo admisible $F_{\max} = F_a$ en la ecuación (3) y se despeja el valor de H , el cual se denominará de ahora en adelante H_a , debido a que representa la resistencia lateral máxima del muro de mampostería siempre que dicha resistencia este gobernada por flexo-compresión, se obtiene:

$$H_a = \frac{p}{3 * b * h * F_a} \left(\frac{3 * b * l}{2} * F_a - 2 * p \right) \quad (4)$$

Dividiendo entre el área del panel $A = b \cdot L$, se puede evaluar el esfuerzo a cortante promedio resistente F_{va} , resultado

$$f_{va} = f_a * \left(\frac{L}{H} \right) * \left[\frac{1}{2} - \frac{2}{3} * \frac{f_a}{F_a} \right] \quad (5)$$

Donde f_a es el esfuerzo de compresión vertical dado por $\frac{P}{bl}$.

Cabe además decir que el esfuerzo admisible a compresión F_a se refiere a la pared y no a la unidad de mampostería. Su valor se determinará según la siguiente expresión, establecida según lineamientos de resistencia nominal a compresión de la mampostería sola propuestos en la NSR-98.

$$F_a = 0.85 * f_m * R_e \quad (6)$$

$$R_e = 1 - \left[\frac{h}{40 * t} \right] \quad (7)$$

tiene en cuenta una reducción por efectos de esbeltez R_e , en donde h es la altura efectiva del muro de mampostería y t espesor efectivo del muro de mampostería. f_m depende de la resistencia a compresión de las unidades de mampostería F_{cu} y el tipo de mortero. Según la NSR-98 este valor se puede estimar de la siguiente manera, en caso de ausencia de ensayos de unidades de mampostería.

$$R_m = \left(\frac{2 * h}{75 + 3 * h} \right) * f_{cu} + \left(\frac{50 * K_p}{75 + 3 * h} \right) * f_{cp} \leq 0.8 * f_{cu} \quad (8)$$

$$f_m = 0.75 * R_m \quad (9)$$

Donde F_{cu} es la resistencia específica a la compresión de las unidades de mampostería medida sobre el área neta, (Mpa), K_p factor de corrección por absorción de la unidad de mampostería, adimensional.

$K_p = 1.4$ para unidades de concreto.

$K_p = 0.8$ para unidades de arcilla o silito-calcárea.

h' = altura de la unidad de mampostería (mm).

F_{cp} = Resistencia especificada a la compresión del mortero de pega (Mpa).

5.5.2 Capacidad de Resistencia Lateral por Corte

Si el comportamiento de la mampostería después de agrietada es gobernada por la flexión, existe una disminución del esfuerzo cortante, debido a que existe la imposibilidad de que la parte agrietada por flexión resista esfuerzos cortantes y es así que la sección no agrietada es la que se considera como efectiva para resistir la sollicitación por cortante. Abrams al igual que muchos investigadores proponen que dicha disminución tenga relación directa con la longitud de la sección agrietada del muro. El agrietamiento es de mayor magnitud en la base del muro es por eso que la resistencia a corte debe ser evaluada en la base del muro, una ilustración de este comentario se muestra en la figura 84.

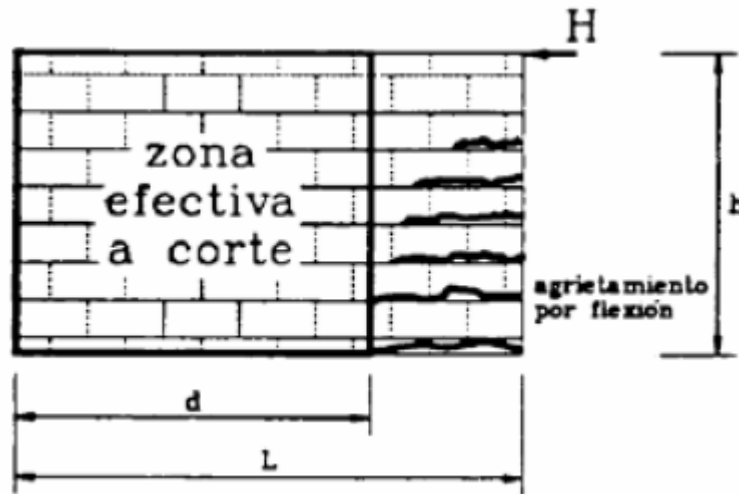


Figura 84. Zona efectiva a corte de muros de mampostería no reforzado. **Fuente:** (Gómez, Rodríguez, et al. 2006).

Como puede establecerse en la figura 84 el área resistente por cortante está determinada por d y h . Los códigos de construcción suelen expresar la resistencia a cortante en función de fracción de esfuerzo admisible, los cuales se relacionan con el área neta, considerándose entonces la reducción de estos esfuerzos en vez de la reducción del área resistente debido a los

agrietamientos por flexión, procederemos de la siguiente manera, dividimos ambos términos de la ecuación (2) (Valida para valores de $d < L$) por L y sustituyendo ambos términos de la ecuación (2) es decir por el término f_v/f_a se obtiene que:

$$\frac{d}{L} = \frac{3}{2} - 3 * \left(\frac{h}{L} \right) * \left(\frac{f_v}{f_a} \right) \quad (10)$$

Si el esfuerzo cortante del muro se encuentra limitado por la compresión tal como se determinó en la ecuación (5), el valor de F_{va} es igual al valor de F_v de la ecuación (10), por lo cual sustituyendo la relación F_{va}/F_a de la ecuación (5) en la ecuación (10) y simplificando, se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{d}{L} = 2 * \left(\frac{f_a}{F_a} \right) \text{ para } f_a \leq 0.5 F_a \quad (11)$$

Esta relación es válida únicamente para la ecuación $f_a \leq 0.5 F_a$, o lo que es lo mismo, cuando se verifique que $d < L$.

Vale la aclaración que $f_a/F_a = 0.5$, representa el instante en el cual no existen esfuerzos de tracción en las fibras del panel, en otras palabras cuando d alcanza el mismo valor de L a la carga vertical total aplicada.

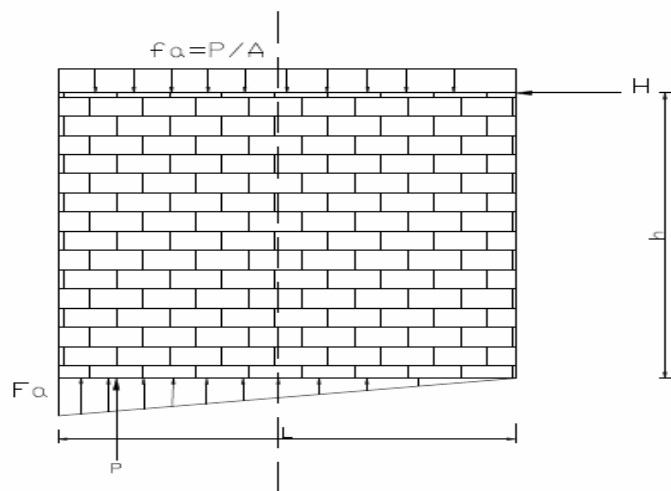


Figura 85. Equilibrio de la mampostería no reforzada en el instante de tracción nula. **Fuente:** (Gómez, Rodríguez, et al. 2006).

(12)

$$\frac{F_a * b * L}{2} = P \Rightarrow 0.5 * F_a = \frac{P}{b * L} \Rightarrow 0.5 * F_a = f_a$$

Haciendo esta aclaración podemos continuar que el esfuerzo admisible a cortante F_v puede ser expresado como una fracción del esfuerzo admisible a cortante de muro de mampostería no agrietada F_{vo} , suponiendo que los esfuerzos se reducen proporcionales a la zona de agrietamiento se puede realizar una relación sencilla de dicha reducción debido al agrietamiento por flexión, mediante la siguiente expresión:

(13)

$$\frac{F_v}{F_{vo}} = \frac{d}{L} = 2 * \left(\frac{f_a}{F_a} \right) \Rightarrow F_v = 2 * \left(\frac{f_a}{F_a} \right) * F_{vo}$$

En todas las aserciones anteriores se ha considerado el caso en el que se produce agrietamiento por flexión, cuyo límite superior es cuando f_a/F_a es 0.5 límite sobre el cual no se produce esfuerzos por tracción. Más allá de éste límite el prisma triangular de presiones se convierte en un prisma de sección trapezoidal, cuyos valores de esfuerzos en las fibras extremas se obtiene utilizando los principios de resistencia de materiales de la forma.

(14)

$$f_{\max, \min} = \frac{P}{b * L} \pm \frac{6 * H * h}{b * L^2}$$

Cuando f_{\max} , que es el mayor esfuerzo compresible, llega al valor de F_a , la falla está controlada por la flexión y de manera similar al proceso para obtener la ecuación (4) se reemplaza el valor de F_a por f_{\max} y se despeja con respecto a H , que se convierte en H_a (resistencia lateral máxima), se obtiene:

(15)

$$H_a = \frac{b * L^2}{6 * h} \left(F_a - \frac{P}{b * L} \right)$$

Dividiendo esta ecuación por el área del muro $b * L$ se obtiene el esfuerzo resistente máximo a cortante, mediante.

(16)

$$f_v = \frac{L}{6h} * F_a * \left(1 - \frac{f_a}{F_a}\right)$$

Finalmente este se compara directamente con el admisible dado por los códigos de construcción (F_{vo}), ya que en este caso no existe reducción en cortante por agrietamiento en la flexión.

Bajo estas consideraciones, se resumirá a continuación, el procedimiento para determinar la resistencia lateral de muros de mampostería no reforzados. Ver figura 86.

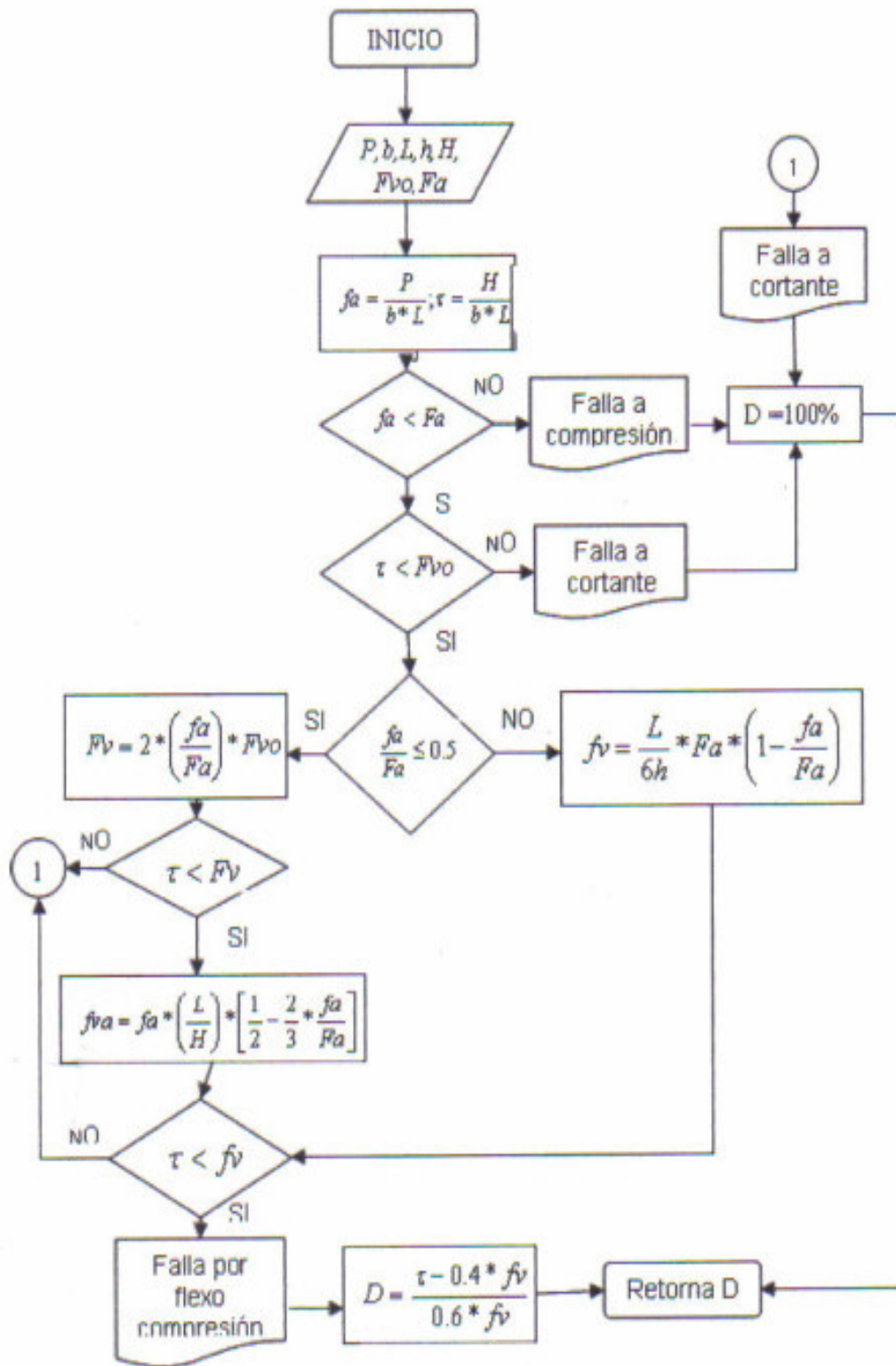


Figura 86. Diagrama de flujo método de Abrams. Fuente: (Gómez, Rodríguez, et al. 2006)

PARAMETROS	UNIDADES	TAPIA	REFERENCIA
Densidad	Ton/m ³	1.92	Yamin et al., 2003
Módulo de elasticidad	kN/m ²	55900	Díaz y Ríos, 1992
Resistencia a la compresión (F_a)	kN/m ²	330	Yamin et al., 2003
Resistencia a la tensión	kN/m ²	20	Yamin et al., 2003
Resistencia a cortante (F_{vo})	kN/m ²	37	Yamin et al., 2003
Resistencia a la fricción	kN/m ²	15	Yamin et al., 2003

Tabla 12. Propiedades mecánicas de la Tapia.

En la tabla 12 se muestra las propiedades mecánicas de la tapia que serán utilizadas para el análisis del parámetro llamado RELACIÓN DEMANDA – CALIDAD en el cual se calcula la fuerza resistente mediante el método de ABRAMS.

5.6 PARÁMETROS

5.6.1 Distribución de los Muros

5.6.1.1 Espaciamiento máximo de muros

Con esta relación miramos el espaciamiento excesivo de los muros de carga en cada una de las direcciones ortogonales de la edificación. La clasificación se define en función del factor L/S

L = espaciamiento máximo de los muros

S = espesor del muro maestro

5.6.1.2 Densidad estructural en planta (D_e)

Es un valor ilustrativo para evaluar la capacidad de carga disponible en la cual se estudia la relación que existe entre área transversal de los muros y el área total en planta de la edificación en cada una de las direcciones

Para la evaluación de la distribución de muros se presentan cada una de las siguientes clases:

- A. La condición más crítica entre $L/S < 15$ y $De > 0.5$
- B. La condición más crítica entre $15 \leq L/S < 18$ y $0.5 \geq De > 0.3$
- C. La condición más crítica entre $18 \leq L/S < 25$ y $0.3 \geq De > 0.2$
- D. La condición más crítica entre $L/S \geq 25$ y $De \leq 0.2$

5.6.2 Tipo y Organización Estructural

Con éste parámetro se busca describir la ruta de carga y sistema estructural sin tener en cuenta el material utilizado, además se estudia y se evalúa la presencia y eficiencia de las conexiones entre los elementos horizontales y verticales del sistema resistente.

Las conexiones que se observan generalmente en las edificaciones antiguas estudiadas son las siguientes.

- ❖ Conexiones entre muros.
- ❖ Conexiones entre muros y diafragma (entrepisos y cubiertas).
- ❖ Conexiones entre muros y cimentaciones.
- ❖ Conexiones entre vigas y columnas.

Para la evaluación del tipo y organización estructural se presentan cada una de las siguientes clases:

- A. Edificaciones con un buen sistema de conexiones entre elementos de transmisión de cargas verticales y horizontales; buena conexión entre sus diferentes elementos incluida la cimentación, garantizando un comportamiento tipo cajón.
- B. Presencia de conexiones mediante vigas o collares de amarre y enmarque de muros, que transmiten las cargas verticales aplicadas a los muros. Buen sistema de anclaje a la cimentación, pero con un deficiente sistema de transmisión de fuerza vertical y horizontal.

- C. Edificaciones con deficiencias en el sistema de conexión de elementos de transmisión de cargas verticales y horizontales.
- D. Edificación carente de uniones y anclaje de los sistemas resistentes a fuerzas verticales y el diafragma, incluyendo la cimentación. Además, no tienen sus paredes resistentes bien conectadas a la cimentación.

5.6.3 Calidad del Sistema Resistente

Mediante este parámetro se evalúa el tipo de material utilizado, difiriéndolo cualitativamente por su resistencia con el fin de garantizar la eficiencia del comportamiento. La evaluación y calificación se efectúa tomando en cuenta dos factores:

5.6.3.1 El tipo de material utilizado y la forma del elemento

5.6.3.1.1 Módulos de tapia

En este tipo de muros se debe evaluar la presencia de material ligante a traba entre ellos, presencia de esquinas formadas por módulos y la influencia que estos tienen en el comportamiento general de la estructura

Los diferentes tipos de módulos que se pueden presentar son los siguientes:

- ❖ Sistema de módulos con esquinas integrada y ligazón o trabe entre si, como se observa en la figura 87.
- ❖ Sistema de módulos con esquinas integrada sin ligazón o trabe entre si.
- ❖ Sistemas de módulo con formaleta hasta el final con presencia de ligazón o trabe, como se muestra en la figura 88.
- ❖ Sistemas de módulo con formaleta hasta el final sin ningún tipo de ligazón o trabe entre si.

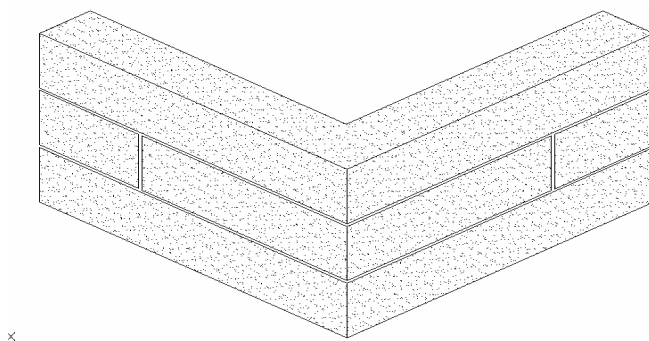


Figura 87. Módulos con esquinas integradas. **Fuente:** Autores del proyecto.

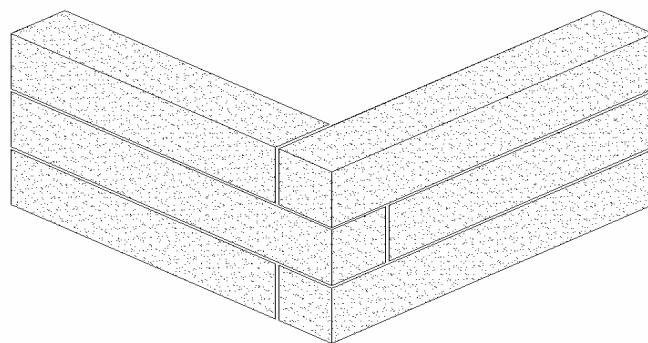


Figura 88. Módulos con formaletas hasta el final. **Fuente:** Autores del proyecto.

5.6.3.1.2 Mampostería de adobe

En las edificaciones antiguas que se van a evaluar con esta metodología, se presentan muros de mampostería, principalmente construidas con bloque de barro llamado adobe.

Se debe evaluar la presencia de ligamento entre los diferentes adobes que constituyen la mampostería, la forma en que estas unidades son dispuestas dentro del muro y la forma geométrica de cada uno de los adobes.

Los diferentes tipos de muro en mampostería con unidades de adobe que se pueden presentar son los siguientes:

- ❖ Mampostería de adobes de buena calidad con ligamento entre si.
- ❖ Mampostería de adobes de buena calidad sin ligamento entre si.

- ❖ Mampostería de adobe de mala calidad con ligamento entre si.
- ❖ Mampostería de adobe de mala calidad sin ligamento entre si

5.6.3.2 La homogeneidad de dicho material

La homogeneidad de los materiales se refiere principalmente a la correcta disposición y secuencia de los elementos que constituyen el muro. La presencia de otros materiales dentro del muro hace perder la homogeneidad, produciendo una concentración de esfuerzos debido a la misma pérdida de homogeneidad.

Para la evaluación de la calidad del sistema resistente se presentan cada una de las siguientes clases.

- A.** Sistema de módulos de tapia pisada con esquinas integradas o mampostería de adobe de buena calidad. Existe ligamento o trabe entre todos los módulos o unidades. Tamaño constante y homogéneo de los módulos y unidades a lo largo de todo el muro.
- B.** Sistema de módulos de tapia con formaleta hasta el final o mampostería de adobes de buena calidad, con ligamento o trabe entre todos los módulos o unidades no muy homogéneas y con tamaño variable de módulos y unidades a lo largo del muro. Ó Sistema de módulos de tapia pisada con esquinas integradas o mampostería de adobe de buena calidad, sin ligamento o trabe entre módulos o unidades.
- C.** Sistema de módulos de tapia con formaleta hasta el final de tapia pisada, mampostería de adobe de mala calidad, con ligazón entre módulos o unidades de baja a mediana homogeneidad de los materiales.
- D.** Sistema de módulos con formaletas hasta el final de tapia pisada, mampostería de adobe de mala calidad sin ningún tipo de ligazón entre módulos o unidades, con material no homogéneo a lo largo del muro.

5.6.4 Relación Demanda - Calidad

Este parámetro se encuentra estipulado por la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismorresistente en el capítulo A.10 en donde se establece que debe determinarse unos índices de sobre-esfuerzos y de flexibilidad, que permitan definir la capacidad de la estructura de soportar y responder adecuadamente ante las solicitudes de carga. Debido a que las edificaciones de tierra son muy frágiles y fallan ante desplazamientos muy pequeños, el índice de flexibilidad no es aplicable para evaluación de edificaciones antiguas, por esta razón solo se tiene en cuenta la resistencia de los materiales.

$$V_s = S_a g M$$

S_a corresponde al valor de la aceleración, como fracción de la gravedad en el espectro de diseño para el periodo T de la edificación.

g : valor de la aceleración de la gravedad

M : masa total de la edificación

Suponiendo que todos los muros pueden desarrollar su capacidad total a fuerza cortante, la fuerza sísmica resistente es igual a la suma de las contribuciones de todos los muros alineados en la dirección en que se está revisando la capacidad sísmica. Esta contribución se determina como el producto del área transversal del muro A_m por el esfuerzo cortante resistente del muro de tapia pisada V_m . Para calcular dicho cortante se utiliza el método de Abrams.

$$V_R = \sum A_m V_m$$

Para efecto de esta metodología y según la NSR 98 se establece un índice de sobre-esfuerzos, que es el inverso del factor de seguridad propuesto por el método simplificado mexicano; es decir relaciona la fuerza actuante con la fuerza resistente.

$$I_S = V_S / V_R$$

Para la evaluación de la relación demanda - capacidad se presenta cada una de las siguientes clases:

- A.** $I_S < 0.2$
- B.** $0.2 \leq I_S < 0.6$
- C.** $0.6 \leq I_S < 1$
- D.** $I_S \geq 1$

5.6.5 Suelos y Pendientes

Dentro de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios antiguos es importante incluir una examinación de su posición en el terreno y cimentación. Se debe asegurar que la capacidad del suelo por debajo de la cimentación pueda resistir las fuerzas impuestas por un sismo e identificar y evaluar cualquier tipo de peligro geotécnico cercano que pueda afectar la cimentación.

La cimentación debe ser capaz de transmitir el cortante basal y demás fuerzas del edificio desde la estructura hasta el suelo de soporte, pero la naturaleza dinámica de corta duración de las cargas puede ser tenida en cuenta al establecer las propiedades del suelo.

5.6.5.1 Terrenos inclinados

Dependiendo del ángulo de inclinación del terreno, se presentan una diferencia de nivel en la cimentación entre los costados de la edificación, lo que genera una fuerza horizontal permanente que dificulta la transferencia de la fuerza sísmica. La condición más favorable es cuando la superficie del terreno es totalmente plana y no se encuentra sobre algún terraplén o ladera

y disminuye a medida que aumenta la pendiente. Los suelos con pendientes que normalmente exceden el seis por ciento, pueden presentar fallas en los taludes inducidas por acción de un sismo. Los taludes que exhiben señales de movimientos anteriores y conocidos o sospechados deslizamiento de tierra profunda, requieren mayor atención.

5.6.5.2 Capacidad del suelo

La capacidad del suelo de la cimentación debe ser suficiente para soportar la estructura con todas las cargas preescritas incluyendo las fuerzas de sismo. Para la combinación de carga, incluida el sismo, la capacidad del suelo debe ser lo suficiente para resistir cargas con aceptable deformaciones considerando el corto periodo de carga y las propiedades dinámicas del suelo. La evaluación se realiza identificando que tipo de suelo – según la NSR-98 se presenta la cimentación.

Para la evaluación de suelo y pendiente se presentan cada una de las siguientes clases.

- A.** Edificación cimentada sobre Roca o suelo rígido con pendiente inferior al 10%.
- B.** Edificación cimentada sobre Roca o suelo rígido con pendiente entre el 10% y 30%.
- C.** Edificación cimentada sobre suelos blandos con pendiente comprendida entre 10% y 30% o sobre roca o suelo rígido con pendiente comprendida entre el 30% y 50%.
- D.** Edificación cimentada sobre suelos blandos con pendiente mayor al 30% o Roca o suelo rígido con pendiente mayor al 50%.

5.6.6 Configuración en Planta

El comportamiento sísmico depende en gran parte de la forma del diafragma. En el caso de edificios rectangulares es importante la relación a/L entre el ancho y el largo dimensión menor y mayor en planta respectivamente, también se deben tener en cuenta las protuberancias o ramificaciones del cuerpo principal b/L , ya que estas pueden traer efectos torsionales no deseados dentro de la estructura. Ver figura 89.

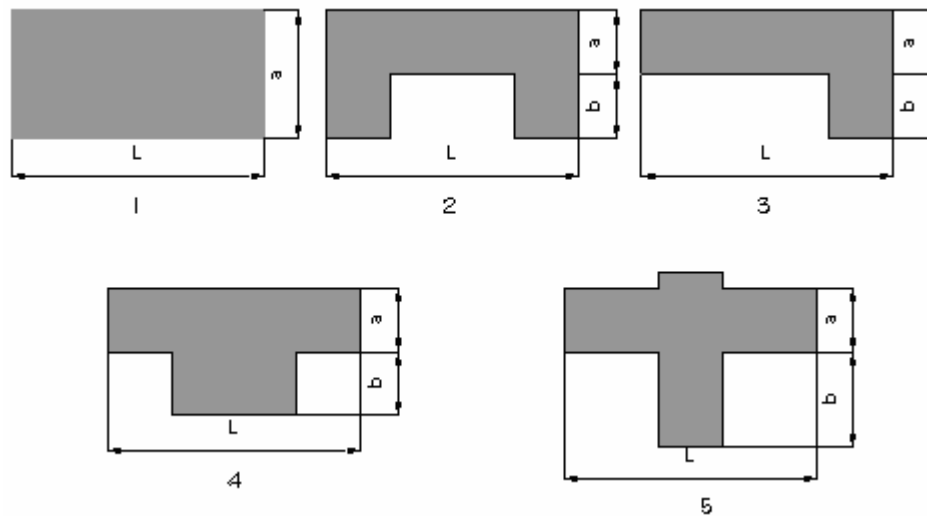


Figura 89. Configuración en planta de la estructura. **Fuente:** NRS - 98

Para la configuración en planta se presentan en cada una las siguientes clases:

- A.** $a/L \geq 0.8$ ó $b/L \leq 0.1$
- B.** $0.6 \leq a/L < 0.8$ ó $0.1 < b/L \leq 0.2$
- C.** $0.4 \leq a/L < 0.6$ ó $0.2 < b/L \leq 0.3$
- D.** $a/L < 0.4$ ó $b/L > 0.3$

5.6.7 Entrepisos

El diafragma es el subsistema horizontal que distribuye las cargas laterales al subsistema vertical – muros y pórticos-, y provee soporte lateral a muros y parapetos. La carga lateral sobre el diafragma es derivada de su peso propio más el peso de los elementos que están sobre ellos y constituye el sistema resistente de cargas. En orden de ideas los elementos que constituyen el diagrama deben tener rigidez suficiente para la correcta transmisión de cargas.

5.6.7.1 Deflexión de entrepisos

La habitación donde se presenta luces grandes de entrepiso pueden crear esfuerzos en el diafragma mayores que la capacidad de las formas estándar de construcción. El entrepiso o cubierta pueden presentar daño o colapso parcial debido a grandes deflexiones.

5.6.7.2 Continuidad del diafragma

Pisos o cubiertas a desnivel – mezanines-, o diafragmas con interrupciones con juntas de expansión crean discontinuidades, a menos que sean usados detalles especiales o se provean elementos resistentes a fuerzas laterales. Los entrepisos a nivel han contribuido al colapso de muchas edificaciones. La deficiencia se encuentra en la rigidez del diafragma debido a planos a desnivel, o a la presencia de juntas de expansión.

5.6.7.3 Conexiones entre diafragma y muros

Se debe presentar una apropiada conexión entre el diafragma y los elementos que sostienen los muros con el fin de distribuir las cargas laterales al subsistema vertical y evitar su caída parcial o total.

Para evaluación de entrepisos se presenta cada una de las siguientes clases:

- A.** Sistema de entrepiso de cualquier tipo que tenga buenas conexiones con los muros.
- B.** Edificaciones con discontinuidad en el diafragma.
- C.** Edificaciones con deformaciones apreciables y discontinuidades en el diafragma.
- D.** Edificaciones con deformaciones apreciables y discontinuidades en el diafragma y malas conexiones con los muros.

5.6.8 Cubierta o Sistemas de Techo

Además de los entrepisos las cubiertas forman parte del sistema de resistencia a fuerzas horizontales y se debe evaluar su capacidad para resistirlas, para esto se debe tener en cuenta su configuración y conexión a los elementos verticales (muros), con el fin de garantizar su estabilidad y disminuir el riesgo de colapso parcial o total.

Para la evaluación de las cubiertas se presentan cada una de las siguientes clases:

- A.** Cubierta estable plana, con viga de cumbrera o de soporte. Ver figura 90.
- B.** Cubierta estable y bien conectada a los muros de tapia pisada o adobe, sin viga cumbrera o de soporte. Ver figura 91.
- C.** Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte. Ver figura 92.
- D.** Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte. Ver figura 93.

5.6.8.1 Tipos de cubiertas

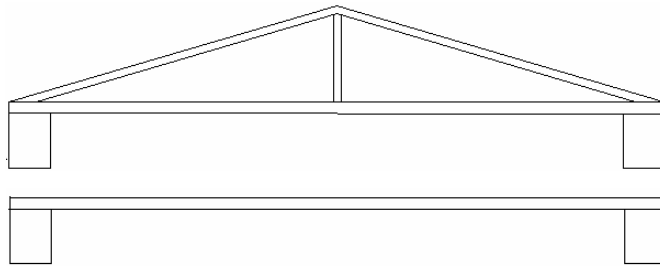


Figura 90. Cubierta estable o plana con viga de soporte. **Fuente:** Autores de proyecto.

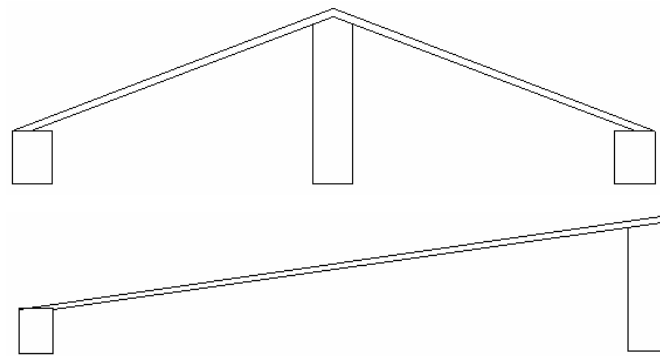


Figura 91. Cubierta estable sin viga de soporte. **Fuente:** Autores de proyecto.

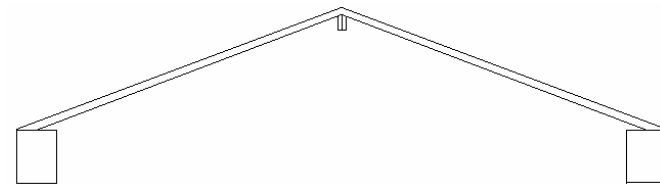


Figura 92. Cubierta inestable con viga de soporte. **Fuente:** Autores de proyecto.

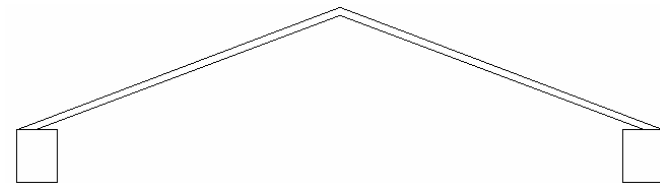


Figura 93. Cubierta inestable sin viga de soporte. **Fuente:** Autores de proyecto.

5.6.9 Aberturas en los Muros

Debido a la presencia de grandes vanos o aberturas en los muros, especialmente para puertas y ventanas, se produce una considerable reducción en el área resistente, además se presentan concentraciones de esfuerzos en las esquinas que sobrepasan los esfuerzos permisibles y producen fallas a cortante. Después de un evento sísmico es frecuente observar agrietamiento diagonal en zonas de muros entre aberturas y en casos extremos la falla total de dicho muro. Generalmente las fallas encontradas por la presencia de vanos en los muros se deben a:

- ❖ Aberturas demasiado grandes en proporción con el área del muro.
- ❖ Postes y dinteles mal hechos y sin anclaje. Se debe evaluar el porcentaje de aberturas y su posición dentro del muro.

5.6.9.1 % de Aberturas en muro

Se debe establecer la relación que existe entre el área de las aberturas y el área total del muro.

- A.** $\%V < 5\%$.
- B.** $\%V$ entre 5% y 10%.
- C.** $\%V$ entre 10% y 15%.
- D.** $\%V \geq 15\%$

5.6.9.2 Ubicación de la abertura dentro del muro

- A.** Distribuidas a lo largo del muro.
- B.** Distribuidas en la parte central del muro.
- C.** Distribuidas en los costados del muro.

5.6.10 Estado de Conservación

Los materiales estructurales deteriorados pueden arriesgar la capacidad del sistema resistente vertical y lateral. El tipo más común de deterioro es causado por la intrusión de agua. Las manchas constituyen una evidencia para detectar el deterioro debido al agua cuando estas son visibles en el exterior, pero el deterioro puede estar escondido donde la estructura se encuentra oculta por los acabados, en este caso, el ingeniero evaluador debe encontrar la forma de detectar evidencias, realizando un examen visual mas detallado de la edificación donde se puede detectar posibles fuentes de infiltración del agua.

Para la evaluación de conservación se presentan cada una de las siguientes clases.

- A.** Muros de tapia pisada o adobe en buena condición, sin daño visible, cubiertas y entrepiso en excelente estado.
- B.** Muros de tapia pisada o adobe con presencia de agrietamientos tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción de los casos en que dichos agrietamientos han sido provocado por terremotos. Caída de pañete y daño de teja en la cubierta.
- C.** Muros de tapia pisada o adobe con grietas de mediano tamaño 2 a 3 mm de espesor o con agrietamientos tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presenta agrietamiento, pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de muro. Deterioro en el enmaderado de entrepiso y cubierta.
- D.** Muros de tapia pisada o adobe que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamientos de espesores superiores a 3 mm. Gran daño en el sistema de entrepiso y cubierta, presentando zonas que se encuentran muy próximas al colapso.

5.6.11 Elementos no Estructurales

Con este parámetros se tienen en cuenta aquellos elementos como balcones y chimeneas que a pesar de no pertenecer al sistema estructural pueden provocar victimas y daños materiales debido a su caída o volcamiento. Este es un parámetro subjetivo que al igual que la edad no tiene mucha importancia dentro de la vulnerabilidad.

Para la evaluación de los elementos no estructurales se presentan cada una de las siguientes clases.

- A.** Edificio sin cornisas, sin frontones, sin parapetos y sin balcones. Edificio con cornisas bien conectada a los muros. Edificio con balcones pequeños que son extensiones de los entresijos estructurales.
- B.** Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal.
- C.** Edificios con balcones corridos cubiertos o en tribuna que se encuentran colocados en voladizo.
- D.** Edificio con frontones o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectado a la estructura, que puede caer en caso de terremoto.

5.6.12 Edad

A medida que pasa el tiempo, los materiales de los elementos estructurales cambian sus propiedades físicas, presentándose una degradación y pérdida de resistencia, en especial la tierra y la madera, esto se debe a su exposición prolongada a la intemperie.

Para la evaluación de la edad se presentan cada una de las siguientes clases

- A. Edificaciones después de 1900.
- B. Edificaciones construidas durante el siglo XIX.
- C. Edificaciones construidas durante el siglo XVIII.
- D. Edificaciones construidas antes de 1700.

5.7 ILUSTRACION DE PARAMETROS

En la figura 94 se muestran los diferentes parámetros a evaluar.

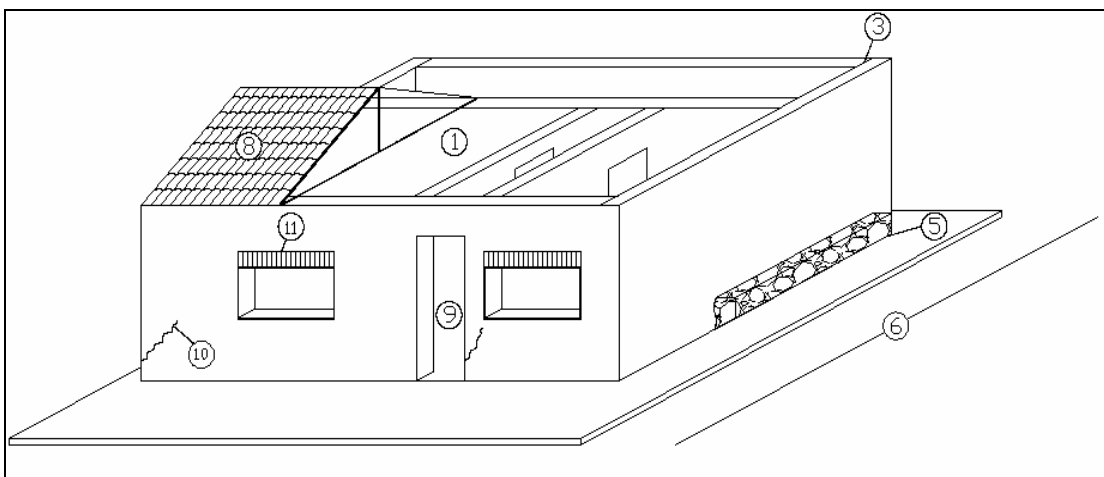


Figura 94. Parámetros del modelo de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de tapia.
Fuente: Autores del proyecto.

1. Distribución de los muros.
2. Tipo y organización estructural.
3. Calidad del sistema resistente.
4. Relación demanda – calidad
5. Suelo y pendiente
6. Configuración en planta
7. Entrepisos.
8. Cubierta o sistema de techo.
9. Aberturas en los muros.
10. Estado de conservación.
11. Elementos estructurales.
12. Edad.

5.8 ANALISIS GENERAL DE PARAMETROS

5.8.1 Distribución de Muros

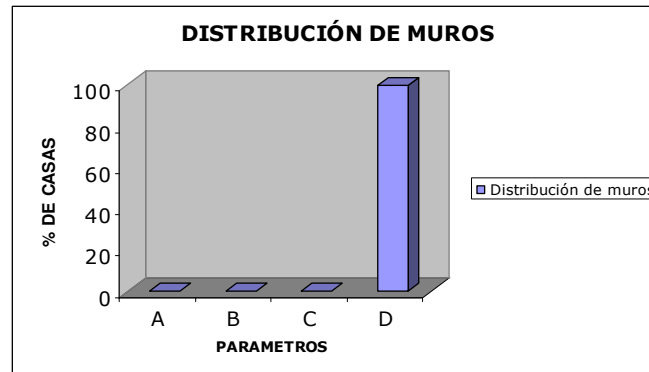


Figura 95. Distribución de muros. **Fuente:** Autores del proyecto.

Mediante la figura 95, las construcciones en Tapia Pisada de la ciudad de Bucaramanga tienen como condición crítica, $L/S \geq 25$ y $De \leq 0.2$ donde L/S es la relación entre el espaciamiento máximo de los muros y el espesor del muro maestro. Además es un factor que ayuda a observar el espaciamiento excesivo de los muros de cargas en cada una de las direcciones ortogonales de la edificación. De es la densidad estructural, valor ilustrativo que evalúa la capacidad de carga disponible.

5.8.2 Tipo y Organización Estructural

Con ésta Figura 96, las viviendas en Tapia Pisada poseen deficiencias en el sistema de conexión de los elementos de transmisión de cargas verticales y horizontales.

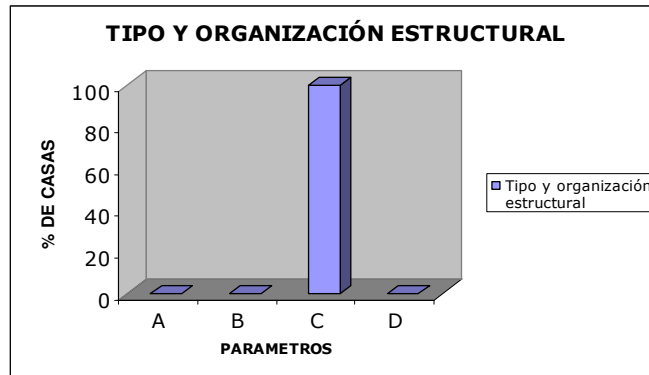


Figura 96. Tipo y Organización estructural. **Fuente:** Autores del proyecto.

5.8.3 Calidad del Sistema Resistente

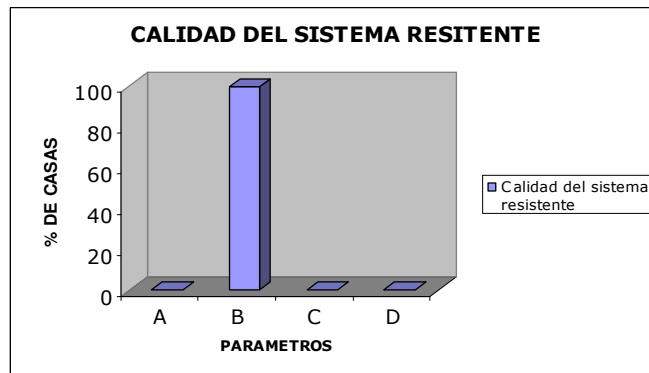


Figura 97. Calidad del sistema resistente. **Fuente:** Autores del proyecto.

En ésta Figura 97, las edificaciones de Tapia Pisada en la ciudad de Bucaramanga presentan un sistema de módulos (tapia pisada) con esquinas integradas o mampostería de adobe de buena calidad, con tamaño constante y homogéneo, poseen ligamento o trabe entre los módulos o unidades.

5.8.4 Suelos y Pendientes

Según la figura 98, Bucaramanga presenta un 51% de sus casas de Tapia cimentadas sobre rocas o suelos rígidos con pendiente menor al 10%, el 36 % de las edificaciones sobre suelo rígido con pendiente entre el 10 y el 30%, el 13% en suelo rígido con pendiente entre 30 y el 50%.

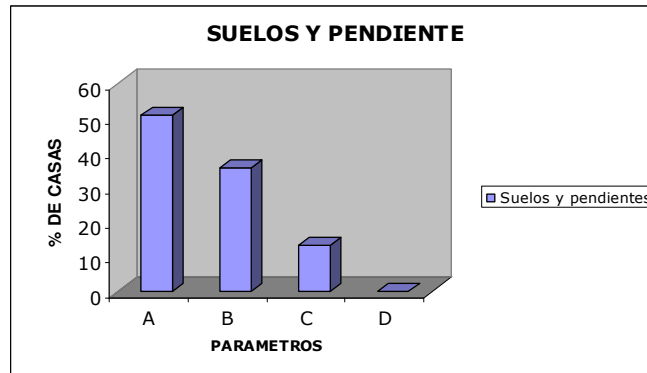


Figura 98. Suelos y pendientes. **Fuente:** Autores del proyecto.

5.8.5 Configuración en Planta

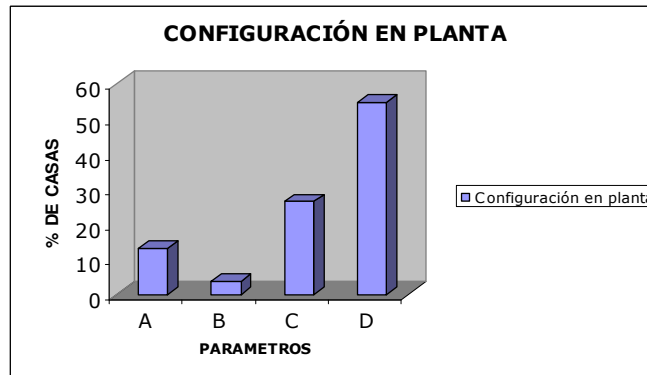


Figura 99. Configuración en planta. **Fuente:** Autores del proyecto.

Teniendo en cuenta la figura 99, 29 de las casas analizadas obedecen al parámetro D, es decir el 55.77 % de la muestra cumple con la relación siguiente $a/L < 0.4$ o $b/L > 0.3$. 14 al parámetro C, lo que indica que el 26.92 % de la muestra cumple con la relación $0.4 \leq a/L < 0.6$ o $0.2 < b/L \leq 0.3$. 2 casas al parámetro B que representan que el 3.85 % de la muestra cumple con la relación $0.6 \leq a/L < 0.8$ o $0.1 < b/L \leq 0.2$. 7 viviendas se rigen por el parámetro A, ó sea que el 13.46 % de la muestra cumple la relación $a/L \geq 0.8$ o $b/L \leq 0.1$.

Por todo lo anterior se concluye que Bucaramanga es una ciudad que cuenta con diferentes formas en la planta de sus edificaciones.

5.8.6 Cubierta o Sistemas de Techo

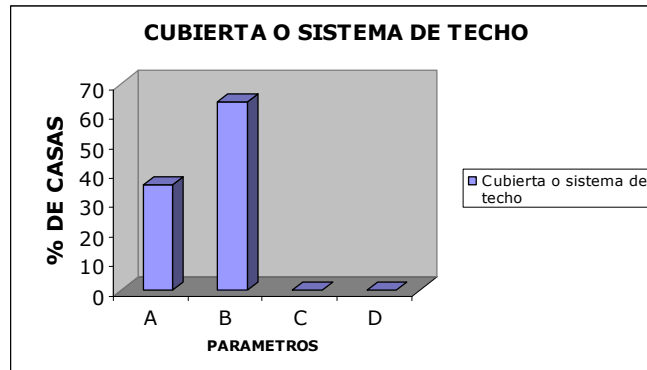


Figura 100. Cubierta o sistema de techo. Fuente: Autores del proyecto.

Además de los entrepisos las cubiertas forman parte del sistema de resistencia a fuerzas horizontales y se debe evaluar su capacidad para resistirlas, para esto se debe tener en cuenta su configuración y conexión a los elementos verticales (muros), con el fin de garantizar su estabilidad y disminuir el riesgo de colapso parcial o total.

De acuerdo a la figura 100, 19 de las casas (35.8 % de la muestra) de Tapia Pisada tienen una cubierta estable, plana con viga de soporte. 34 (64.1 % de la muestra) poseen una cubierta estable sin viga de soporte.

5.8.7 Aberturas

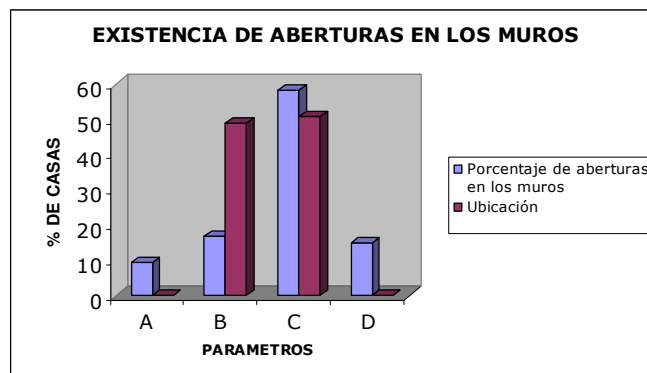


Figura 101. Existencia de aberturas. Fuente: Autores del proyecto.

En la figura 101, teniendo en cuenta el porcentaje de aberturas en muros se puede decir que 5 de las casas estudiadas cumple con el parámetro A, es decir que 9.4 % de la muestra posee un porcentaje de aberturas menor al 5%. 9 cumplen con el parámetro B, o sea, que el 17 % de la muestra tiene un porcentaje de aberturas entre el 5% y 10%. 31 de las casas cumplen con el parámetro C, lo que indica que el 58.5 % de la muestra analizada posee aberturas entre el 10% y 15%. 8 cumplen con el parámetro D, por lo tanto, el 15.1 % de la muestra tiene aberturas mayor o igual al 15%.

Según la ubicación de las aberturas se encontró que 26 de las casas (49.1 %) analizadas tienen sus aberturas en la parte central del muro; 27 (50.9 %) las tienen distribuidas en los costados de los muros.

5.8.8 Estado de Conservación

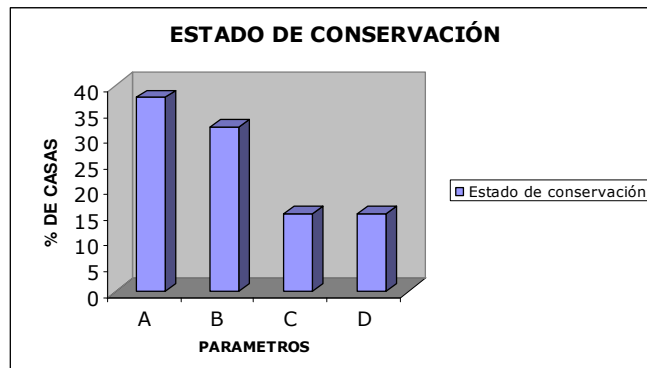


Figura 102. Estado de conservación. **Fuente:** Autores del proyecto.

En la figura 102, los materiales estructurales deteriorados pueden peligrar la capacidad del sistema resistente vertical y lateral.

El tipo más común de deterioro es causado por la intrusión de agua; las manchas constituyen una evidencia para detectar este tipo de deterioro.

De la muestra estudiada 19 casas obedecen al parámetro A, es decir, el 35.8 % posee muros de Tapia Pisada o Adobe en buena condición sin daño visible. 17 obedecen al parámetro B, es decir, 32.1 % tienen muros de Tapia Pisada o adobe con presencia de agrietamientos no extendido en todo el

muro. 14 casas obedecen al parámetro C, por lo tanto, 26.4 % poseen muros de Tapia Pisada o Adobe con grietas de tamaño entre 2 a 3 mm de espesor, con deterioro enmarcado de entrepiso y cubierta. 2 obedecen al parámetro D, o sea, que el 3.8 % tienen muros de Tapia Pisada o Adobe en grave deterioro.

5.8.9 Elementos no Estructurales

De acuerdo a la figura 103, 50 casas obedecen al parámetro A, es decir, 94.3 % no presentan cornisas, ni balcones, ni frontones. 3 se encuentran en el parámetro B, o sea, que el 5.7 % presentan elementos externos a la estructura que son de pequeña dimensión.

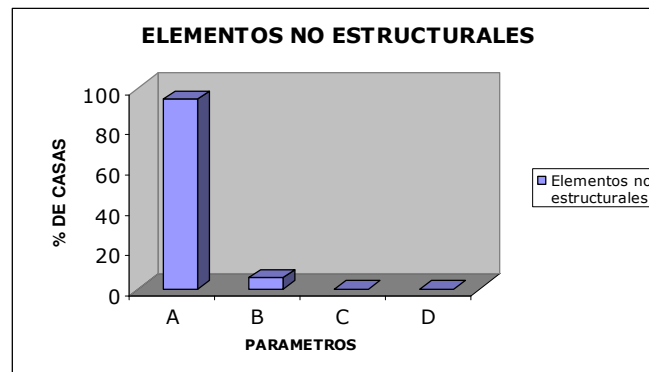


Figura 103. Elementos no estructurales. Fuente: Autores del proyecto.

5.8.10 Edad

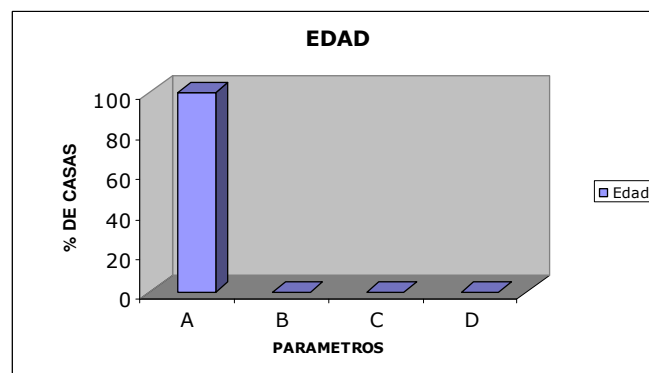


Figura 104. Edad. Fuente: Autores del proyecto.

Según ésta gráfica 104, las edificaciones en Tapia Pisada o Adobe en la ciudad de Bucaramanga fueron construidas a partir del año 1900.

5.8.11 Relación Demanda - Calidad

Para conocer la relación demanda – calidad de una edificación de tierra es necesario evaluar el índice de sobreesfuerzo el cual permite definir la capacidad de la estructura de soportar y responder adecuadamente ante cualquier solicitud de carga.

En la tabla 13 se muestra el cálculo del Índice de sobreesfuerzo para cada una de las direcciones (X, Y) con un coeficiente de aceleración A_a de 0.02g y una máxima aceleración horizontal S_a de 0.05.

Aa					0,02				
Zona	# casa	W_{tapia} (kN)	W_{mamp} (kN)	W_{cub} (kN)	W_{Total} (kN)	S_a	V_s (kN)	I_{s_x}	I_{s_y}
6	1	725,61	22,36	137,4	885,36	0,05	44,27	0,45	0,49
6	2	730,85	0,00	161,2	892,05	0,05	44,60	0,18	0,24
6	3	991,87	45,54	197,3	1234,71	0,05	61,74	0,55	0,39
6	4	2401,73	0,00	181,38	2583,11	0,05	129,16	0,71	0,96
6	5	1606,08	123,79	219,28	1949,15	0,05	97,46	1,525	0,339
8	6	1458,91	0,00	269,32	1728,23	0,05	86,41	0,58	0,746
6	7	2329,11	19,04	216,04	2564,20	0,05	128,21	2,126	0,697
6	8	1426,87	28,15	157,46	1612,48	0,05	80,62	0,638	0,449
6	9	1159,60	45,71	262,34	1467,65	0,05	73,38	0,779	0,367
6	10	2351,92	0,00	258,64	2610,56	0,05	130,53	0,908	0,315
6	11	2922,64	65,41	397,4	3385,46	0,05	169,27	0,861	0,344
6	12	949,25	0,00	227,08	1176,33	0,05	58,82	0,788	0,301
6	13	1654,33	0,00	117,88	1772,21	0,05	88,61	0,337	0,734
6	14	2490,05	9,94	275,48	2775,46	0,05	138,77	0,848	0,336
6	15	1670,80	44,30	132,94	1848,04	0,05	92,40	0,916	0,321
6	16	1044,86	0,00	92,62	1137,48	0,05	56,87	0,882	0,323
6	17	664,32	0,00	197,5	861,82	0,05	43,09	0,759	0,335
6	18	401,28	0,00	64,98	466,26	0,05	23,31	0,702	0,416
6	19	402,72	0,00	89,04	491,76	0,05	24,59	0,77	0,6
7	21	1340,64	7,87	235,2	1583,71	0,05	79,19	0,705	0,19
7	22	2511,26	0,00	271,18	2782,44	0,05	139,12	1,157	0,268
7	23	2977,34	0,00	498,42	3475,76	0,05	173,79	0,863	0,295
7	26	2222,59	0,00	232,88	2455,47	0,05	122,77	0,778	0,36
13	27	2429,86	0,00	204,5	2634,36	0,05	131,72	1,089	0,301
13	28	3161,76	0,00	281,04	3442,80	0,05	172,14	0,804	0,332
13	29	2059,62	76,18	400,08	2535,88	0,05	126,79	1,618	0,402
13	30	2330,11	18,22	259,26	2607,59	0,05	130,38	0,595	0,453
9	31	812,16	4,14	174,24	990,54	0,05	49,53	0,685	0,371
7	32	832,55	44,30	260,82	1137,67	0,05	56,88	0,449	0,314

7	33	1753,92	0,00	145,46	1899,38	0,05	94,97	0,852	0,279
9	34	2628,17	0,00	217,56	2845,73	0,05	142,29	0,689	0,364
15	35	2332,80	31,46	378,56	2742,82	0,05	137,14	0,739	0,365
15	36	843,84	0,00	90,56	934,40	0,05	46,72	0,647	0,338
13	37	1444,61	0,00	193,14	1637,75	0,05	81,89	0,271	0,213
8	38	842,69	21,53	190,42	1054,64	0,05	52,73	1,271	0,312
9	41	427,16	0,00	128,6	555,76	0,05	27,79	0,397	0,23
9	42	2148,96	0,00	244,12	2393,08	0,05	119,65	0,992	0,283
9	43	2127,22	0,00	230,9	2358,12	0,05	117,91	0,836	0,321
9	44	852,15	0,00	107,36	959,51	0,05	47,98	0,618	0,713
9	45	1032,10	0,00	161,62	1193,72	0,05	59,69	0,535	0,391
8	46	1180,08	0,00	164,66	1344,74	0,05	67,24	0,361	0,479
8	47	2334,72	0,00	373,8	2708,52	0,05	135,43	0,453	0,349
8	48	1847,04	97,29	190	2134,33	0,05	106,72	0,71	0,351
7	49	752,95	93,56	287,84	1134,36	0,05	56,72	0,4	0,216
7	50	1142,20	55,06	318,22	1515,49	0,05	75,77	0,734	0,354
7	51	2108,16	0,00	212,52	2320,68	0,05	116,03	0,554	0,373
7	52	566,50	108,47	156,58	831,54	0,05	41,58	0,492	0,25
7	53	875,54	0,00	130,68	1006,22	0,05	50,31	0,491	0,407
16	54	2345,68	22,36	394,54	2762,58	0,05	138,13	0,741	0,372
16	55	2015,94	0,00	347,52	2363,46	0,05	118,17	0,667	0,451

Tabla 13. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para $A_a = 0.02g$.

En este caso ninguna casa sufre daño del 100% al momento de aplicarle el efecto sísmico como se ilustra en la tabla 13.

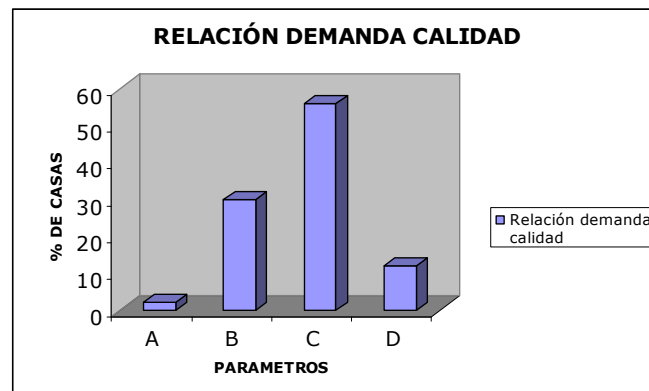


Figura 105. Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección X, para $A_a=0.02g$. **Fuente:** Autores del proyecto

Como se muestra en la figura 105, menos del 10% de las edificaciones en tierra analizadas presenta un índice de sobreesfuerzo menor a 0.2, el 30% de las casas lo tiene mayor o igual a 0.2 pero menor a 0.6. El 52% de las

viviendas posee un índice mayor o igual a 0.6 pero menor a 1 y el restante con un índice mayor a 1.

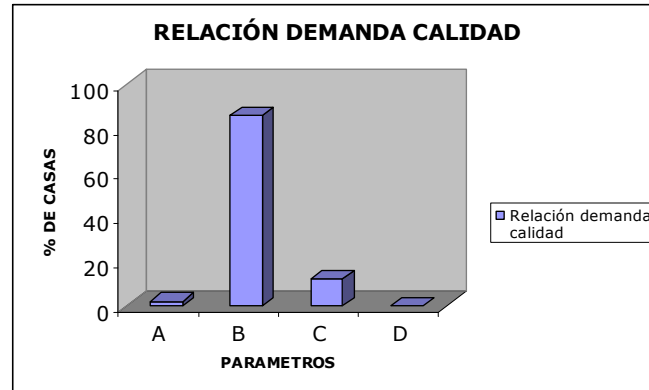


Figura 106. Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección Y, para $A_a=0.02g$. Fuente: Autores del proyecto.

Según la muestra analizada el 2% de las casas presentan un índice de sobreesfuerzo menor a 0.2, el 90% tiene un índice mayor o igual a 0.2 pero menor a 0.6, el 8% restante mayor o igual a 0.6 pero menor a 1. Ver figura 106.

Aa					0,05				
Zona	# casa	W_{tapia} (kN)	W_{mamp} (kN)	W_{cub} (kN)	W_{Total} (kN)	Sa	Vs (kN)	Is _x	Is _y
6	1	725,61	22,36	137,4	885,36	0,13	110,67	1,12	1,22
6	2	730,85	0,00	161,2	892,05	0,13	111,51	0,45	0,61
6	3	991,87	45,54	197,3	1234,71	0,13	154,34	1,38	0,98
6	4	2401,73	0,00	181,38	2583,11	0,13	322,89	1,78	2,41
6	5	1606,08	123,79	219,28	1949,15	0,13	243,64	FALLA	0,847
8	6	1458,91	0,00	269,32	1728,23	0,13	216,03	1,45	1,866
6	7	2329,11	19,04	216,04	2564,20	0,13	320,52	FALLA	1,742
6	8	1426,87	28,15	157,46	1612,48	0,13	201,56	1,594	1,122
6	9	1159,60	45,71	262,34	1467,65	0,13	183,46	1,948	0,917
6	10	2351,92	0,00	258,64	2610,56	0,13	326,32	2,269	0,788
6	11	2922,64	65,41	397,4	3385,46	0,13	423,18	2,151	0,859
6	12	949,25	0,00	227,08	1176,33	0,13	147,04	1,97	0,751
6	13	1654,33	0,00	117,88	1772,21	0,13	221,53	0,842	1,835
6	14	2490,05	9,94	275,48	2775,46	0,13	346,93	2,12	0,841
6	15	1670,80	44,30	132,94	1848,04	0,13	231,01	2,289	0,801
6	16	1044,86	0,00	92,62	1137,48	0,13	142,19	2,205	0,807
6	17	664,32	0,00	197,5	861,82	0,13	107,73	1,897	0,838
6	18	401,28	0,00	64,98	466,26	0,13	58,28	1,755	1,04
6	19	402,72	0,00	89,04	491,76	0,13	61,47	1,924	1,501
7	21	1340,64	7,87	235,2	1583,71	0,13	197,96	1,762	0,475
7	22	2511,26	0,00	271,18	2782,44	0,13	347,81	FALLA	0,67

7	23	2977,34	0,00	498,42	3475,76	0,13	434,47	FALLA	0,738
7	26	2222,59	0,00	232,88	2455,47	0,13	306,93	1,944	0,9
13	27	2429,86	0,00	204,5	2634,36	0,13	329,29	2,722	0,752
13	28	3161,76	0,00	281,04	3442,80	0,13	430,35	FALLA	0,83
13	29	2059,62	76,18	400,08	2535,88	0,13	316,98	FALLA	1,005
13	30	2330,11	18,22	259,26	2607,59	0,13	325,95	1,489	1,132
9	31	812,16	4,14	174,24	990,54	0,13	123,82	1,711	0,929
7	32	832,55	44,30	260,82	1137,67	0,13	142,21	1,122	0,784
7	33	1753,92	0,00	145,46	1899,38	0,13	237,42	2,129	0,698
9	34	2628,17	0,00	217,56	2845,73	0,13	355,72	1,723	0,91
15	35	2332,80	31,46	378,56	2742,82	0,13	342,85	1,848	0,912
15	36	843,84	0,00	90,56	934,40	0,13	116,80	1,618	0,844
13	37	1444,61	0,00	193,14	1637,75	0,13	204,72	0,677	0,532
8	38	842,69	21,53	190,42	1054,64	0,13	131,83	FALLA	0,779
9	41	427,16	0,00	128,6	555,76	0,13	69,47	0,992	0,574
9	42	2148,96	0,00	244,12	2393,08	0,13	299,14	2,48	0,707
9	43	2127,22	0,00	230,9	2358,12	0,13	294,77	FALLA	0,804
9	44	852,15	0,00	107,36	959,51	0,13	119,94	1,544	1,783
9	45	1032,10	0,00	161,62	1193,72	0,13	149,22	1,338	0,978
8	46	1180,08	0,00	164,66	1344,74	0,13	168,09	0,903	1,196
8	47	2334,72	0,00	373,8	2708,52	0,13	338,57	1,132	0,873
8	48	1847,04	97,29	190	2134,33	0,13	266,79	1,775	0,878
7	49	752,95	93,56	287,84	1134,36	0,13	141,79	1,001	0,539
7	50	1142,20	55,06	318,22	1515,49	0,13	189,44	1,834	0,884
7	51	2108,16	0,00	212,52	2320,68	0,13	290,09	1,386	0,933
7	52	566,50	108,47	156,58	831,54	0,13	103,94	1,23	0,624
7	53	875,54	0,00	130,68	1006,22	0,13	125,78	1,228	1,018
16	54	2345,68	22,36	394,54	2762,58	0,13	345,32	1,852	0,93
16	55	2015,94	0,00	347,52	2363,46	0,13	295,43	1,668	1,126

Tabla 14. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para $A_a = 0.05g$.

Al analizar el Índice de sobreesfuerzo en la dirección X con un coeficiente de aceleración A_a de $0.05g$ se encontró que siete de las casas analizadas sufren un daño del 100% (fallan a cortante) al momento de aplicar el movimiento sísmico. Ver tabla 14.

Para la dirección Y, ninguna casa sufre daño del 100%.

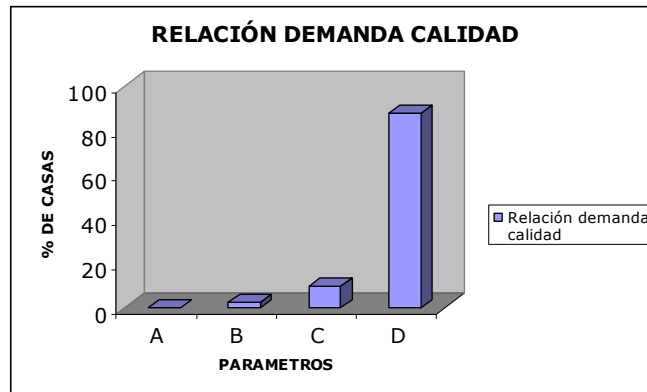


Figura 107. Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección X, para $A_a=0.05g$. **Fuente:** Autores del proyecto.

De las casas que no sufren daño en la dirección X el 2% de estas poseen un índice de sobreesfuerzo entre 0.2 y 0.6, el 11.5% de ellas lo presentan entre 0.6 y 1 y el 86.5% mayor a 1. Ver figura 107.

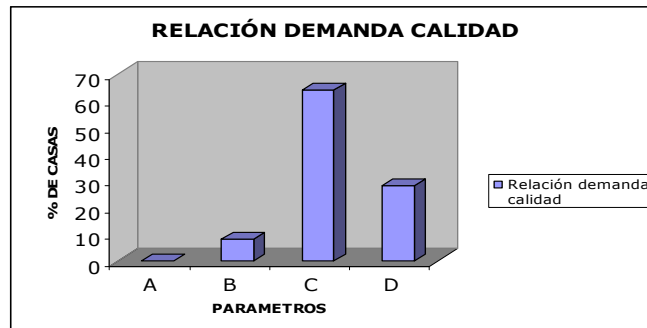


Figura 108. Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección Y, para $A_a=0.05g$. **Fuente:** Autores del proyecto.

Dada la figura 108, el análisis del índice de sobreesfuerzo en la dirección Y, se presenta de la siguiente manera, el 11% de la viviendas poseen un índice entre 0.2 y 0.6, el 60% entre 0.6 y 1 y 29% restante mayor a 1.

Aa					0,10				
Zona	# casa	W_{tapia} (kN)	W_{mamp} (kN)	W_{cub} (kN)	W_{Total} (kN)	Sa	Vs (kN)	Is _x	Is _y
6	1	725,61	22,36	137,4	885,36	0,25	221,34	FALLA	2,44
6	2	730,85	0,00	161,2	892,05	0,25	223,01	0,91	1,22
6	3	991,87	45,54	197,3	1234,71	0,25	308,68	FALLA	1,96

6	4	2401,73	0,00	181,38	2583,11	0,25	645,78	FALLA	4,82
6	5	1606,08	123,79	219,28	1949,15	0,25	487,29	FALLA	1,693
8	6	1458,91	0,00	269,32	1728,23	0,25	432,06	FALLA	FALLA
6	7	2329,11	19,04	216,04	2564,20	0,25	641,05	FALLA	FALLA
6	8	1426,87	28,15	157,46	1612,48	0,25	403,12	FALLA	2,243
6	9	1159,60	45,71	262,34	1467,65	0,25	366,91	FALLA	1,834
6	10	2351,92	0,00	258,64	2610,56	0,25	652,64	FALLA	1,575
6	11	2922,64	65,41	397,4	3385,46	0,25	846,36	FALLA	1,719
6	12	949,25	0,00	227,08	1176,33	0,25	294,08	FALLA	1,503
6	13	1654,33	0,00	117,88	1772,21	0,25	443,05	1,684	FALLA
6	14	2490,05	9,94	275,48	2775,46	0,25	693,87	FALLA	1,682
6	15	1670,80	44,30	132,94	1848,04	0,25	462,01	FALLA	1,603
6	16	1044,86	0,00	92,62	1137,48	0,25	284,37	FALLA	1,615
6	17	664,32	0,00	197,5	861,82	0,25	215,46	FALLA	1,677
6	18	401,28	0,00	64,98	466,26	0,25	116,57	FALLA	2,08
6	19	402,72	0,00	89,04	491,76	0,25	122,94	FALLA	3,001
7	21	1340,64	7,87	235,2	1583,71	0,25	395,93	3,525	0,949
7	22	2511,26	0,00	271,18	2782,44	0,25	695,61	FALLA	1,34
7	23	2977,34	0,00	498,42	3475,76	0,25	868,94	FALLA	1,476
7	26	2222,59	0,00	232,88	2455,47	0,25	613,87	FALLA	1,801
13	27	2429,86	0,00	204,5	2634,36	0,25	658,59	FALLA	1,504
13	28	3161,76	0,00	281,04	3442,80	0,25	860,70	FALLA	1,659
13	29	2059,62	76,18	400,08	2535,88	0,25	633,97	FALLA	2,011
13	30	2330,11	18,22	259,26	2607,59	0,25	651,90	FALLA	FALLA
9	31	812,16	4,14	174,24	990,54	0,25	247,64	FALLA	1,857
7	32	832,55	44,30	260,82	1137,67	0,25	284,42	2,244	1,568
7	33	1753,92	0,00	145,46	1899,38	0,25	474,85	FALLA	1,397
9	34	2628,17	0,00	217,56	2845,73	0,25	711,43	FALLA	1,82
15	35	2332,80	31,46	378,56	2742,82	0,25	685,71	FALLA	1,824
15	36	843,84	0,00	90,56	934,40	0,25	233,60	3,237	1,688
13	37	1444,61	0,00	193,14	1637,75	0,25	409,44	1,353	1,063
8	38	842,69	21,53	190,42	1054,64	0,25	263,66	FALLA	1,559
9	41	427,16	0,00	128,6	555,76	0,25	138,94	1,983	1,148
9	42	2148,96	0,00	244,12	2393,08	0,25	598,27	FALLA	1,414
9	43	2127,22	0,00	230,9	2358,12	0,25	589,53	FALLA	1,607
9	44	852,15	0,00	107,36	959,51	0,25	239,88	3,088	FALLA
9	45	1032,10	0,00	161,62	1193,72	0,25	298,43	2,677	1,955
8	46	1180,08	0,00	164,66	1344,74	0,25	336,19	1,806	2,393
8	47	2334,72	0,00	373,8	2708,52	0,25	677,13	2,264	1,745
8	48	1847,04	97,29	190	2134,33	0,25	533,58	3,549	1,756
7	49	752,95	93,56	287,84	1134,36	0,25	283,59	2,002	1,079
7	50	1142,20	55,06	318,22	1515,49	0,25	378,87	3,669	1,768
7	51	2108,16	0,00	212,52	2320,68	0,25	580,17	2,771	1,866
7	52	566,50	108,47	156,58	831,54	0,25	207,89	2,461	1,248
7	53	875,54	0,00	130,68	1006,22	0,25	251,55	2,456	2,035
16	54	2345,68	22,36	394,54	2762,58	0,25	690,64	3,703	1,86
16	55	2015,94	0,00	347,52	2363,46	0,25	590,87	3,336	2,253

Tabla 15. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para $A_a = 0.10g$.

Al evaluar el Índice sobreesfuerzo para un coeficiente de aceleración A_a de $0.10g$ se encontró que en un 70% de las casas analizadas en la dirección X

sufren fallas severas a cortante, es decir daños del 100% y solo el 10% colapsan en la dirección Y. Ver tabla 15.

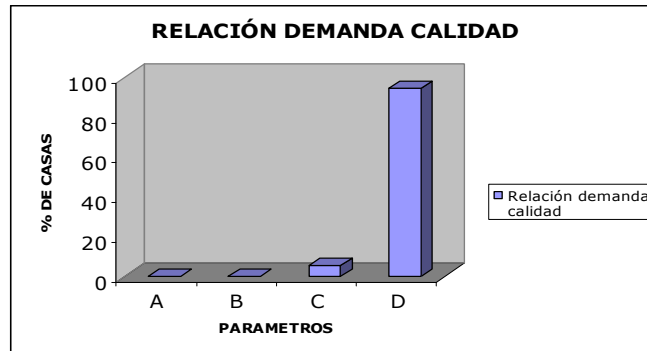


Figura 109. Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección X, para $A_a=0.10g$. **Fuente:** Autores del proyecto.

Del 30% de las viviendas que no fallaron, 3% presentan un índice de sobreesfuerzo entre 0.6 y 1, el 97% restante lo posee mayor a 1. Ver figura 109.

Como se muestra en la figura 110, el 2% de las edificaciones que no fallan tienen un índice entre 0.6 y 1, y el 98% lo presentan mayor a 1.

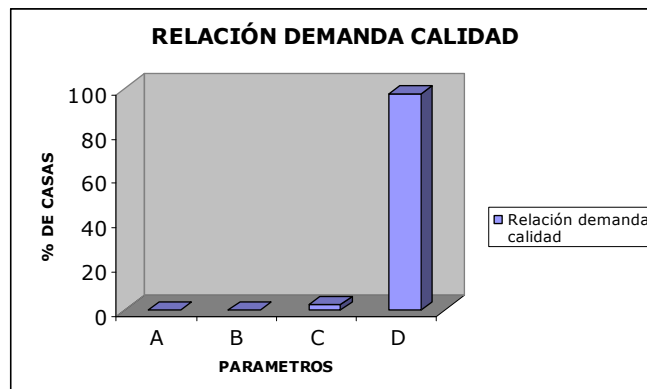


Figura 110. Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección Y, para $A_a=0.10g$. **Fuente:** Autores del proyecto.

Aa					0,15				
Zona	# casa	W _{tapia} (kN)	W _{mamp} (kN)	W _{cub} (kN)	W _{Total} (kN)	Sa	Vs (kN)	Is _x	Is _y
6	1	725,61	22,36	137,4	885,36	0,38	332,01	FALLA	FALLA
6	2	730,85	0,00	161,2	892,05	0,38	334,52	1,364	1,831
6	3	991,87	45,54	197,3	1234,71	0,38	463,02	FALLA	FALLA
6	4	2401,73	0,00	181,38	2583,11	0,38	968,67	FALLA	FALLA
6	5	1606,08	123,79	219,28	1949,15	0,38	730,93	FALLA	FALLA
8	6	1458,91	0,00	269,32	1728,23	0,38	648,09	FALLA	FALLA
6	7	2329,11	19,04	216,04	2564,20	0,38	961,57	FALLA	FALLA
6	8	1426,87	28,15	157,46	1612,48	0,38	604,68	FALLA	FALLA
6	9	1159,60	45,71	262,34	1467,65	0,38	550,37	FALLA	2,751
6	10	2351,92	0,00	258,64	2610,56	0,38	978,96	FALLA	2,363
6	11	2922,64	65,41	397,4	3385,46	0,38	1269,55	FALLA	2,578
6	12	949,25	0,00	227,08	1176,33	0,38	441,12	FALLA	FALLA
6	13	1654,33	0,00	117,88	1772,21	0,38	664,58	FALLA	FALLA
6	14	2490,05	9,94	275,48	2775,46	0,38	1040,80	FALLA	2,523
6	15	1670,80	44,30	132,94	1848,04	0,38	693,02	FALLA	2,404
6	16	1044,86	0,00	92,62	1137,48	0,38	426,56	FALLA	2,422
6	17	664,32	0,00	197,5	861,82	0,38	323,18	FALLA	2,515
6	18	401,28	0,00	64,98	466,26	0,38	174,85	FALLA	FALLA
6	19	402,72	0,00	89,04	491,76	0,38	184,41	FALLA	FALLA
7	21	1340,64	7,87	235,2	1583,71	0,38	593,89	FALLA	FALLA
7	22	2511,26	0,00	271,18	2782,44	0,38	1043,42	FALLA	2,01
7	23	2977,34	0,00	498,42	3475,76	0,38	1303,41	FALLA	FALLA
7	26	2222,59	0,00	232,88	2455,47	0,38	920,80	FALLA	FALLA
13	27	2429,86	0,00	204,5	2634,36	0,38	987,88	FALLA	FALLA
13	28	3161,76	0,00	281,04	3442,80	0,38	1291,05	FALLA	FALLA
13	29	2059,62	76,18	400,08	2535,88	0,38	950,95	FALLA	FALLA
13	30	2330,11	18,22	259,26	2607,59	0,38	977,85	FALLA	FALLA
9	31	812,16	4,14	174,24	990,54	0,38	371,45	FALLA	FALLA
7	32	832,55	44,30	260,82	1137,67	0,38	426,63	FALLA	FALLA
7	33	1753,92	0,00	145,46	1899,38	0,38	712,27	FALLA	2,095
9	34	2628,17	0,00	217,56	2845,73	0,38	1067,15	FALLA	FALLA
15	35	2332,80	31,46	378,56	2742,82	0,38	1028,56	FALLA	FALLA
15	36	843,84	0,00	90,56	934,40	0,38	350,40	FALLA	FALLA
13	37	1444,61	0,00	193,14	1637,75	0,38	614,16	2,03	1,595
8	38	842,69	21,53	190,42	1054,64	0,38	395,49	FALLA	2,338
9	41	427,16	0,00	128,6	555,76	0,38	208,41	1,983	1,722
9	42	2148,96	0,00	244,12	2393,08	0,38	897,41	FALLA	FALLA
9	43	2127,22	0,00	230,9	2358,12	0,38	884,30	FALLA	FALLA
9	44	852,15	0,00	107,36	959,51	0,38	359,81	FALLA	FALLA
9	45	1032,10	0,00	161,62	1193,72	0,38	447,65	FALLA	2,933
8	46	1180,08	0,00	164,66	1344,74	0,38	504,28	2,709	FALLA
8	47	2334,72	0,00	373,8	2708,52	0,38	1015,70	FALLA	FALLA
8	48	1847,04	97,29	190	2134,33	0,38	800,37	FALLA	FALLA
7	49	752,95	93,56	287,84	1134,36	0,38	425,38	3,003	FALLA
7	50	1142,20	55,06	318,22	1515,49	0,38	568,31	FALLA	2,652
7	51	2108,16	0,00	212,52	2320,68	0,38	870,26	FALLA	FALLA
7	52	566,50	108,47	156,58	831,54	0,38	311,83	FALLA	1,872
7	53	875,54	0,00	130,68	1006,22	0,38	377,33	FALLA	3,053
16	54	2345,68	22,36	394,54	2762,58	0,38	1035,97	FALLA	2,79
16	55	2015,94	0,00	347,52	2363,46	0,38	886,30	FALLA	FALLA

Tabla 16. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para Aa = 0.15g.

Solo el 10 y el 36% de las edificaciones no sufren fallas severas a cortante al momento de aplicarles un coeficiente de aceleración A_a de 0.15g tanto en la dirección X como en Y respectivamente, ver la tabla 16.

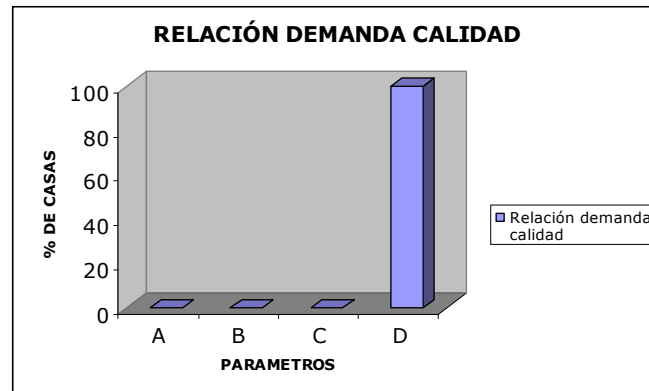


Figura 111. Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección X, para $A_a=0.15g$. **Fuente:** Autores del proyecto.

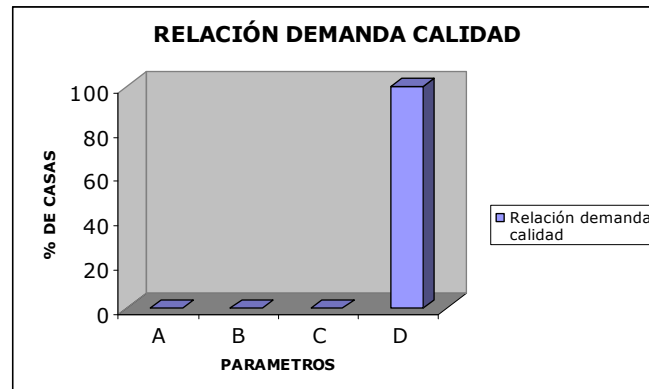


Figura 112. Análisis del Índice de sobreesfuerzo en dirección Y, para $A_a=0.15g$. **Fuente:** Autores del proyecto.

Como se muestra en las figuras 111 y 112, el 100% de las casas que no colapsan al ser sometidas a un coeficiente de aceleración A_a de 0.15g presentan un índice de sobreesfuerzo mayor a 1.

Aa					0,20				
Zona	# casa	W_{tapia} (kN)	W_{mamp} (kN)	W_{cub} (kN)	W_{Total} (kN)	Sa	Vs (kN)	Is _x	Is _y
6	1	725,61	22,36	137,4	885,36	0,5	442,68	FALLA	FALLA
6	2	730,85	0,00	161,2	892,05	0,5	446,02	FALLA	2,44
6	3	991,87	45,54	197,3	1234,71	0,5	617,36	FALLA	FALLA
6	4	2401,73	0,00	181,38	2583,11	0,5	1291,55	FALLA	FALLA

6	5	1606,08	123,79	219,28	1949,15	0,5	974,57	FALLA	FALLA
8	6	1458,91	0,00	269,32	1728,23	0,5	864,12	FALLA	FALLA
6	7	2329,11	19,04	216,04	2564,20	0,5	1282,10	FALLA	FALLA
6	8	1426,87	28,15	157,46	1612,48	0,5	806,24	FALLA	FALLA
6	9	1159,60	45,71	262,34	1467,65	0,5	733,82	FALLA	FALLA
6	10	2351,92	0,00	258,64	2610,56	0,5	1305,28	FALLA	FALLA
6	11	2922,64	65,41	397,4	3385,46	0,5	1692,73	FALLA	FALLA
6	12	949,25	0,00	227,08	1176,33	0,5	588,16	FALLA	FALLA
6	13	1654,33	0,00	117,88	1772,21	0,5	886,10	FALLA	FALLA
6	14	2490,05	9,94	275,48	2775,46	0,5	1387,73	FALLA	FALLA
6	15	1670,80	44,30	132,94	1848,04	0,5	924,02	FALLA	FALLA
6	16	1044,86	0,00	92,62	1137,48	0,5	568,74	FALLA	FALLA
6	17	664,32	0,00	197,5	861,82	0,5	430,91	FALLA	FALLA
6	18	401,28	0,00	64,98	466,26	0,5	233,13	FALLA	FALLA
6	19	402,72	0,00	89,04	491,76	0,5	245,88	FALLA	FALLA
7	21	1340,64	7,87	235,2	1583,71	0,5	791,85	FALLA	1,899
7	22	2511,26	0,00	271,18	2782,44	0,5	1391,22	FALLA	FALLA
7	23	2977,34	0,00	498,42	3475,76	0,5	1737,88	FALLA	FALLA
7	26	2222,59	0,00	232,88	2455,47	0,5	1227,74	FALLA	FALLA
13	27	2429,86	0,00	204,5	2634,36	0,5	1317,18	FALLA	FALLA
13	28	3161,76	0,00	281,04	3442,80	0,5	1721,40	FALLA	FALLA
13	29	2059,62	76,18	400,08	2535,88	0,5	1267,94	FALLA	FALLA
13	30	2330,11	18,22	259,26	2607,59	0,5	1303,79	FALLA	FALLA
9	31	812,16	4,14	174,24	990,54	0,5	495,27	FALLA	FALLA
7	32	832,55	44,30	260,82	1137,67	0,5	568,83	FALLA	FALLA
7	33	1753,92	0,00	145,46	1899,38	0,5	949,69	FALLA	FALLA
9	34	2628,17	0,00	217,56	2845,73	0,5	1422,87	FALLA	FALLA
15	35	2332,80	31,46	378,56	2742,82	0,5	1371,41	FALLA	FALLA
15	36	843,84	0,00	90,56	934,40	0,5	467,20	FALLA	FALLA
13	37	1444,61	0,00	193,14	1637,75	0,5	818,87	FALLA	FALLA
8	38	842,69	21,53	190,42	1054,64	0,5	527,32	FALLA	FALLA
9	41	427,16	0,00	128,6	555,76	0,5	277,88	FALLA	FALLA
9	42	2148,96	0,00	244,12	2393,08	0,5	1196,54	FALLA	FALLA
9	43	2127,22	0,00	230,9	2358,12	0,5	1179,06	FALLA	FALLA
9	44	852,15	0,00	107,36	959,51	0,5	479,75	FALLA	FALLA
9	45	1032,10	0,00	161,62	1193,72	0,5	596,86	FALLA	FALLA
8	46	1180,08	0,00	164,66	1344,74	0,5	672,37	FALLA	FALLA
8	47	2334,72	0,00	373,8	2708,52	0,5	1354,26	FALLA	FALLA
8	48	1847,04	97,29	190	2134,33	0,5	1067,17	FALLA	FALLA
7	49	752,95	93,56	287,84	1134,36	0,5	567,18	FALLA	FALLA
7	50	1142,20	55,06	318,22	1515,49	0,5	757,74	FALLA	FALLA
7	51	2108,16	0,00	212,52	2320,68	0,5	1160,34	FALLA	FALLA
7	52	566,50	108,47	156,58	831,54	0,5	415,77	FALLA	FALLA
7	53	875,54	0,00	130,68	1006,22	0,5	503,11	FALLA	FALLA
16	54	2345,68	22,36	394,54	2762,58	0,5	1381,29	FALLA	FALLA
16	55	2015,94	0,00	347,52	2363,46	0,5	1181,73	FALLA	FALLA

Tabla 17. Cálculos del índice de sobreesfuerzos para $A_a = 0.20g$.

En la dirección X todas las viviendas sufren daños del 100% (fallan a cortante) al ser sometidas a un coeficiente de aceleración A_a de 0.20g y en la dirección Y solo 2 no colapsan. Ver tabla 17.

Todas las edificaciones colapsan al ser sometidas a una máxima aceleración horizontal de 0.625 y a una de 0.750, es decir, fallan a cortante sufriendo un daño del 100%.

5.9 ANALISIS ESPECÍFICO POR ZONAS

5.9.1 Zona Seis

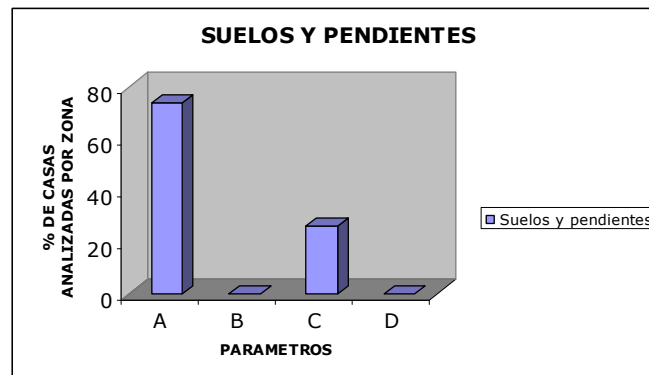


Figura 113. Suelos y pendientes para la zona 6. **Fuente:** Autores del proyecto.

El 73% de las casas analizadas en la zona 6 se encuentra cimentada sobre un suelo rígido o roca con pendiente menor al 10% y el 27% restante sobre roca o suelo rígido con pendiente entre el 30 y el 50%. Ver figura 113.

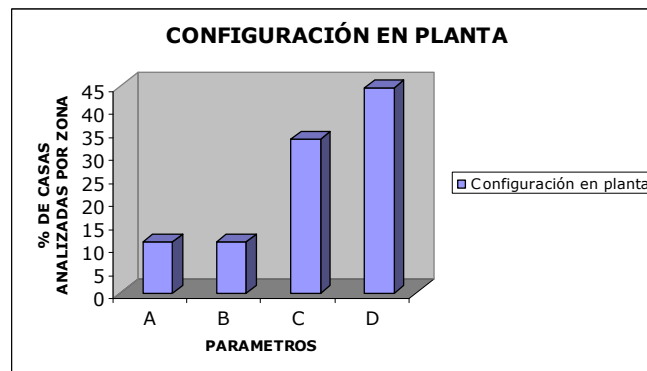


Figura 114. Configuración en planta para la zona 6. **Fuente:** Autores del proyecto.

Existen diferentes tipos de diseño de plantas en esta zona como son: en forma de “L”, “C” y rectangular, siendo esta última la de mayor predominio. Según la figura 114, el 11.1% de las casas analizadas de esta zona cumplen con el parámetro A, es decir, satisfacen la relación $a/L \geq 0.8$ o $b/L \leq 0.1$. En el parámetro B lo cumple el 11.1% de las viviendas, ó sea la relación $0.6 \leq a/L < 0.8$ o $0.1 < b/L \leq 0.2$. El 33.3 % de las casas cumplen con el parámetro C, es decir, obedecen a la relación $0.4 \leq a/L < 0.6$ o $0.2 < b/L \leq 0.3$. El 44.4 % al parámetro D, cumpliendo la relación $a/L < 0.4$ o $b/L > 0.3$.

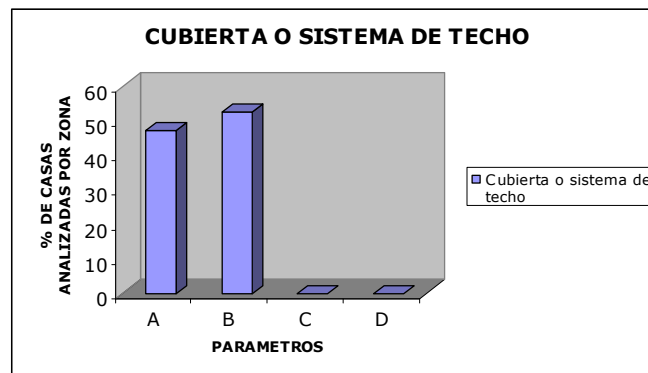


Figura 115. Cubierta o sistema de techo para la zona 6. **Fuente:** Autores del proyecto.

En ésta Figura 115, el 47.4 % de las viviendas de Tapia Pisada de la zona seis de la ciudad de Bucaramanga utilizan una cubierta plana con viga de soporte y el 52.6% utiliza cubierta plana sin viga de soporte.

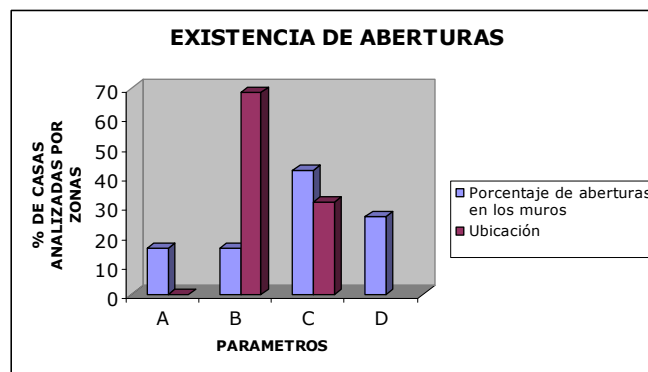


Figura 116. Aberturas para la zona 6. **Fuente:** Autores del proyecto.

Con ésta figura 116, el 15.8 % de las casas analizadas en esta zona poseen un porcentaje de aberturas menor al 5 %; otro 15.8 % tiene un porcentaje de aberturas entre el 5 y 10 %; un 42.1 % entre 10 y 15% y el restante 26.3 % mayor o igual al 15 %.

La mayor parte de la aberturas se encuentran distribuidas en la parte central de los muros (68.4 %); el 31.6 % de las edificaciones tienen sus aberturas localizadas en los costados de los muros.

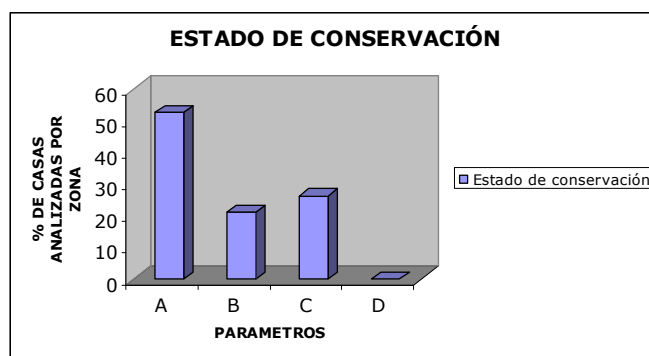


Figura 117. Estado de conservación para la zona 6. **Fuente:** Autores del proyecto.

En la Figura 117, más del 50 % de las casas estudiadas de esta zona poseen sus muros en buena condición, sin daño visible; el 21.1 % presentan agrietamientos no extendido en todo el muro.

Un 26.3 % tienen muros con grietas de tamaño de 2 a 3 mm de espesor.

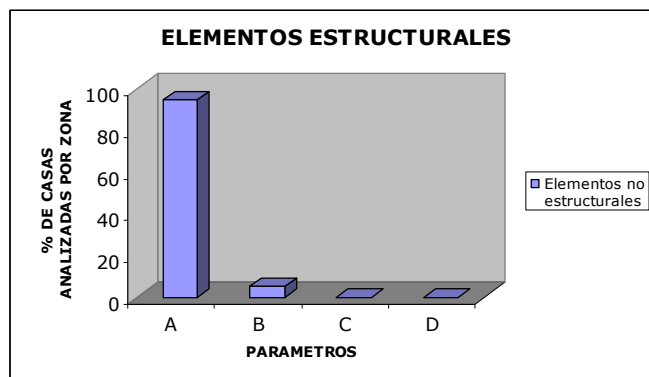


Figura 118. Elementos no estructurales para la zona 6. **Fuente:** Autores del proyecto.

En ésta Figura 118, casi todas las viviendas de esta zona carecen de cornisas, frontones y balcones, aunque existen algunas edificaciones con elementos externos a la estructura de pequeñas dimensiones.

5.9.2 Zona Siete

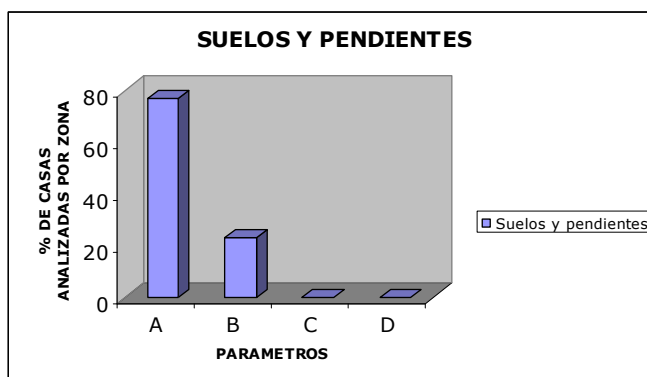


Figura 119. Suelos y pendientes para la zona 7. **Fuente:** Autores del proyecto.

La zona siete presenta que el 80% de sus viviendas se encuentran cimentadas sobre roca o suelo rígido con una pendiente inferior al 10% y el 20% restante sobre suelo rígido con pendiente entre 10 y 30%. Ver figura 119.

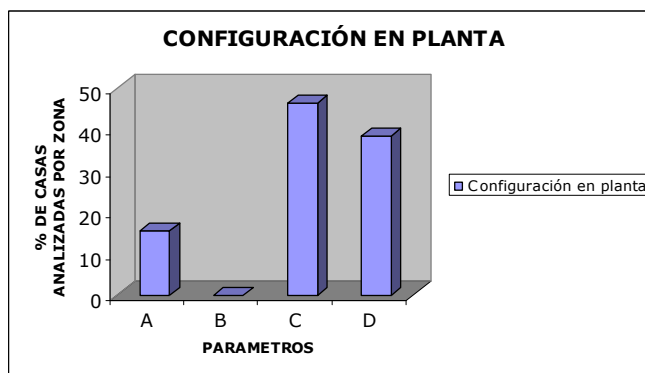


Figura 120. Configuración en planta para la zona 7. **Fuente:** Autores del proyecto.

Como en la zona seis, predomina el diseño de planta en forma rectangular, aunque existen en forma de “L” y “C”.

Según la Figura 120, el 15.4 % de las casas analizadas de esta zona cumplen con la relación $a/L \geq 0.8$ o $b/L \leq 0.1$, el 46.2 % satisfacen la relación $0.4 \leq a/L < 0.6$ o $0.2 < b/L \leq 0.3$ y el 38.5 % a la relación $a/L < 0.4$ o $b/L > 0.3$.

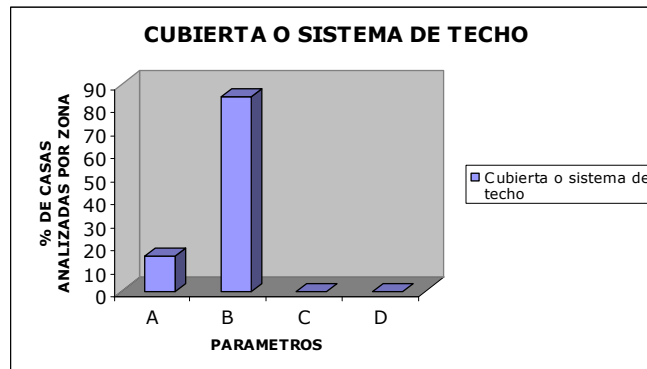


Figura 121. Cubierta o sistema de techo para la zona 7. **Fuente:** Autores del proyecto.

Con la figura 121, vemos que en esta zona predominan las viviendas con una cubierta estable sin vigas de soporte, aunque también las hay estable con viga de soporte pero en una menor cantidad.

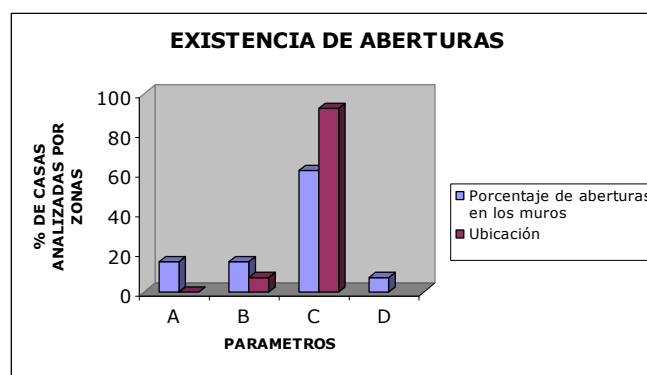


Figura 122. Aberturas para la zona 7. **Fuente:** Autores del proyecto.

En esta Figura 122, más del 60% de las edificaciones de esta zona poseen un porcentaje de aberturas entre el 10 y 15 %; un 15 % tiene un porcentaje

menor a 5%; otro 15 % entre 5 y 10 % y menos del 10% de las casas de dicha zona contienen un porcentaje de aberturas mayor o igual al 15 %. Por lo anterior se puede decir que en ésta zona las edificaciones tienen un alto porcentaje de aberturas en sus muros.

En ésta zona las viviendas se caracterizan por tener sus aberturas localizadas en los costados de los muros, aunque hay algunas que las tienen en la parte central del muro.

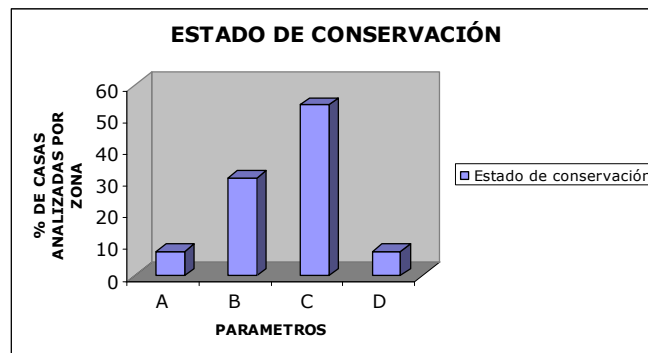


Figura 123. Estado de conservación para la zona 7. **Fuente:** Autores del proyecto.

Como podemos observar en ésta Figura 123, más del 50 % de las viviendas de esta zona poseen grietas de tamaño mediano (2 a 3 mm) en sus muros, otro 30 % presentan agrietamientos no extendidos en todo el muro; un 7.7 % muestran grave deterioro en sus muros; el 8 % restante se encuentran en buen estado sin daño visible.

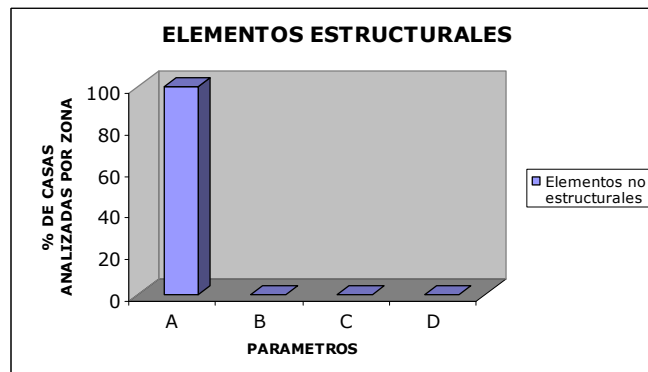


Figura 124. Elementos estructurales para la zona 7. **Fuente:** Autores del proyecto.

En ésta Figura 124, todas las viviendas de esta zona carecen de cornisas, frontones y balcones. Al igual que la zona seis, se caracterizan por no tener elementos externos en su estructura.

5.9.3 Zona Ocho

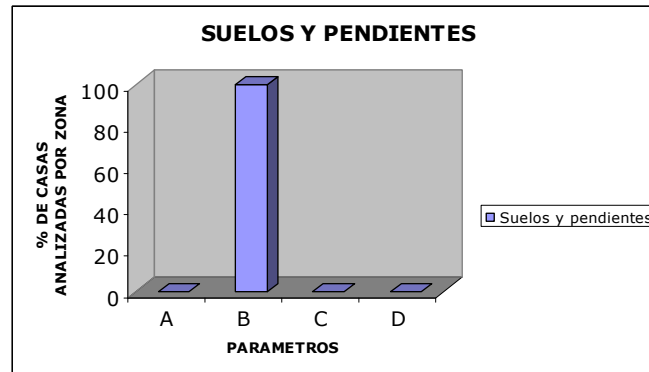


Figura 125. Suelos y pendientes para la zona 8. **Fuente:** Autores del proyecto.

Como se puede observar en esta figura 125, todas las edificaciones de la zona ocho se encuentran cimentadas sobre roca o suelo rígido con pendiente entre el 10 y 30%.

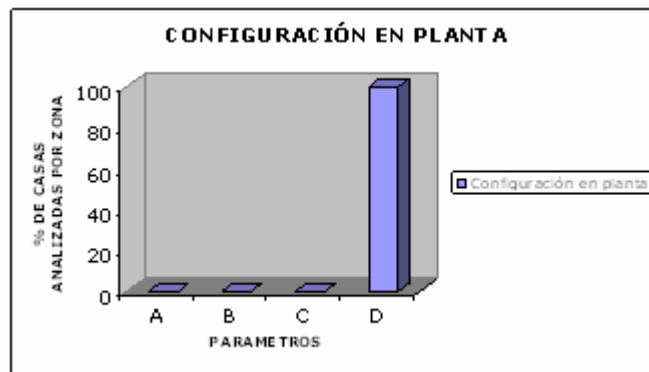


Figura 126. Configuración en planta para la zona 8. **Fuente:** Autores del proyecto.

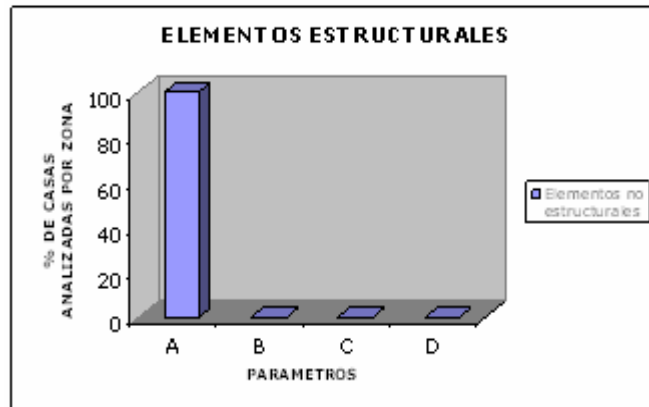


Figura 127. Elementos no estructurales para la zona 8. **Fuente:** Autores del proyecto.

Las edificaciones de esta zona presentan plantas en forma de “L” y “C”; como se puede ver en las figuras 126 y 127, estas no poseen cornisas, ni frontones, ni balcones como sucede en la zona seis y siete. Todas cumplen con la relación $a/L < 0.4$ o $b/L > 0.3$.

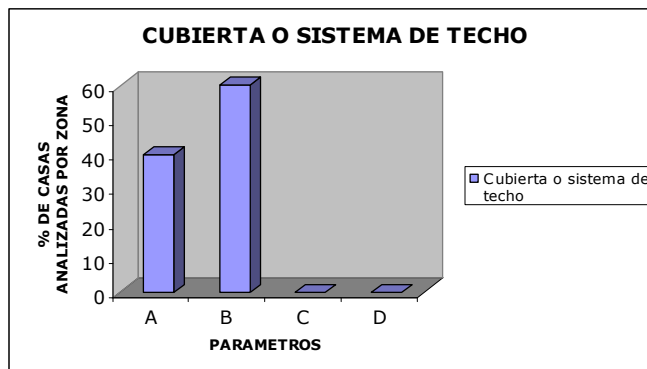


Figura 128. Cubierta o sistema de techo para la zona 8. **Fuente:** Autores del proyecto.

Según la Figura 128, el 40 % de las casas de esta zona presentan una cubierta estable con viga de soporte, el 60% restante las tienen estable pero sin viga de soporte.

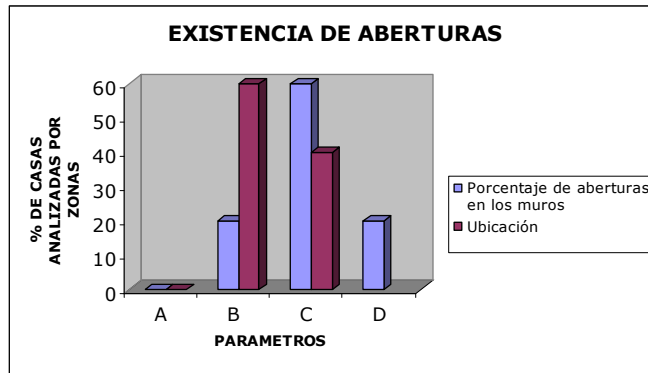


Figura 129. Aberturas para la zona 8. **Fuente:** Autores del proyecto.

Como lo muestra la Figura 129, el 60 % de las viviendas de esta zona tienen un porcentaje de aberturas entre el 10 y 15 % en los muros, un 20 % posee entre el 5 y 10 % y el otro 20 % mantienen un porcentaje mayor o igual al 15 % en aberturas. Al igual que la zona siete, ésta se caracteriza por tener sus viviendas un alto porcentaje de aberturas en los muros.

Más del 50 % de las edificaciones localizan sus aberturas en la parte central de los muros y el resto en los costados.

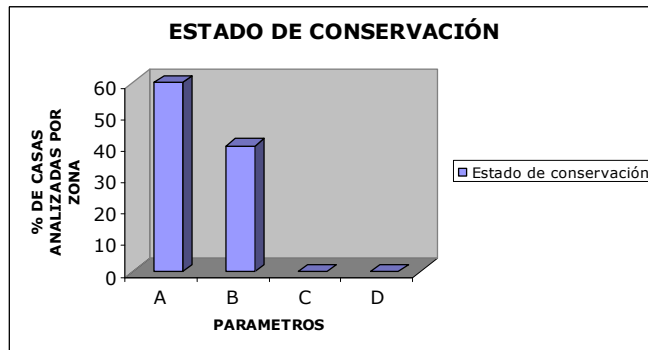


Figura 130. Estado de conservación para la zona 8. **Fuente:** Autores del proyecto.

Con la Figura 130, vemos que las casas de esta zona mantienen un estado de conservación muy bueno debido a que el 60 % de ellas se encuentran sin daño visible, el resto presentan fisuras no extendidas en todo el muro.

5.9.4 Zona Nueve

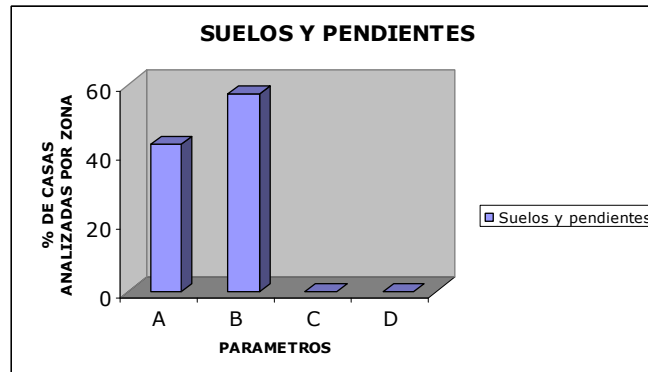


Figura 131. Suelos y pendientes para la zona 9. **Fuente:** Autores del proyecto.

En esta zona el 45% de las casas se encuentran cimentadas sobre roca o suelo rígido con una pendiente menor al 10% y el 55% restante también están sobre suelo rígido pero con una pendiente entre el 10 y 30%. Ver figura 131.

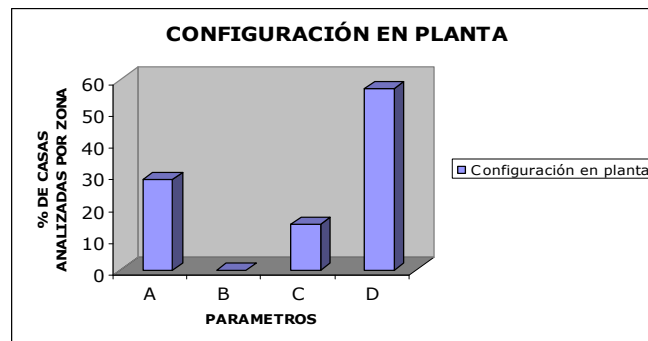


Figura 132. Configuración en planta para la zona 9. **Fuente:** Autores del proyecto.

La Figura 132, muestra que en esta zona existe variedad en el diseño de las plantas de sus edificaciones, las hay en forma rectangular, en “C” y en “L”.

El 28.3% de las casas de esta zona cumplen con la relación $a/L \geq 0.8$ o $b/L \leq 0.1$ es decir obedecen al parámetro A. El 14.3% cumplen la relación

$0.4 \leq a/L < 0.6$ o $0.2 < b/L \leq 0.3$ (parámetro C) y mas del 50% a la expresión $a/L < 0.4$ o $b/L > 0.3$ (parámetro D).

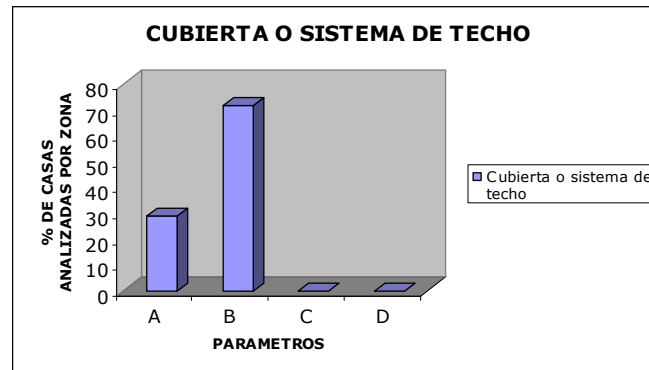


Figura 133. Configuración en planta para la zona 9. **Fuente:** Autores del proyecto.

Según la Figura 133, más del 70 % de las viviendas de ésta zona poseen una cubierta estable, sin viga de soporte, el 30 % restante las tiene estable y con viga de soporte.

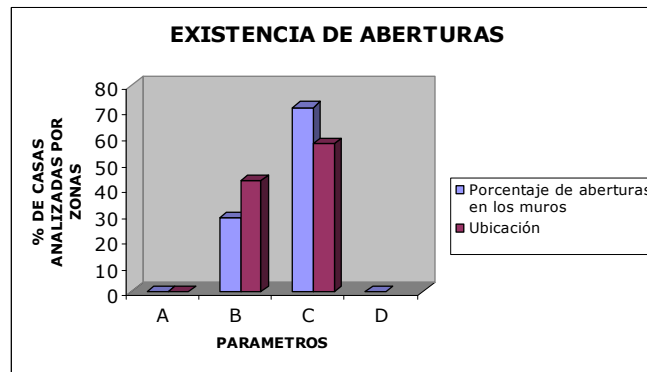


Figura 134. Abertura para la zona 9. **Fuente:** Autores del proyecto.

El 30 % de estas casas tienen un porcentaje de aberturas en los muros entre 5 y 10 % el resto o sea el 70 % poseen un porcentaje entre 10 y 15 %, según lo demuestra ésta Figura 134.

Además es una zona con un alto grado de aberturas en los muros de sus viviendas.

El 40 % tiene sus aberturas en la parte central de los muros mientras que el 60 % se localizan en los costados de los muros.

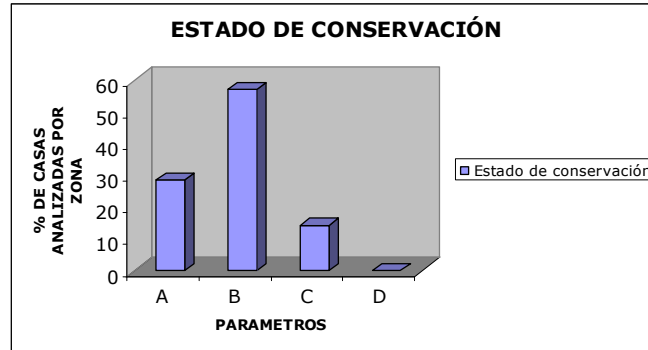


Figura 135. Estado de conservación para la zona 9. **Fuente:** Autores del proyecto.

Según la Figura 135, ésta es una zona en la que se puede decir que sus viviendas se encuentran en buen estado, por ejemplo el 30 % de ellas están sin daño visible, el 60 % con fisuras no extendidas por todo el muro y el 10 % con grietas de tamaño entre 2 a 3 mm de espesor.

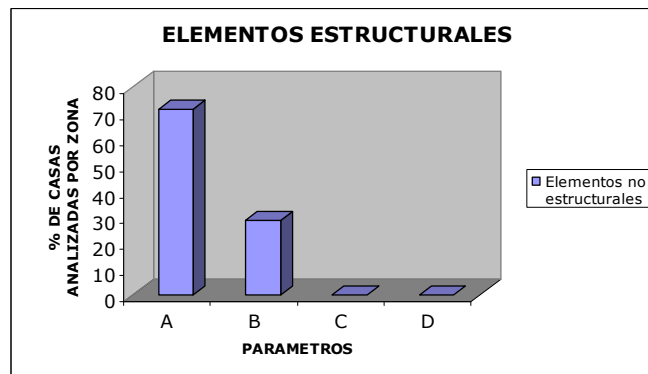


Figura 136. Elementos no estructurales para la zona 9. **Fuente:** Autores del proyecto.

Al igual que la zona seis, siete y ocho ésta zona se caracteriza por tener un alto porcentaje de viviendas que carecen de cornisas, balcones y frontones; aunque existen edificaciones que poseen elementos externos a la estructura, como lo muestra la figura 136.

5.9.5 Zona Trece

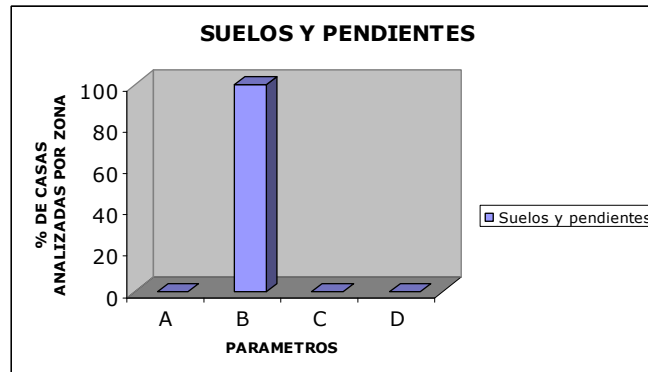


Figura 137. Suelos y pendientes para la zona 13. **Fuente:** Autores del proyecto.

La zona trece se caracteriza por tener sus viviendas cimentadas sobre roca o suelo rígido con una pendiente entre el 10 y el 30%. Ver figura 137.

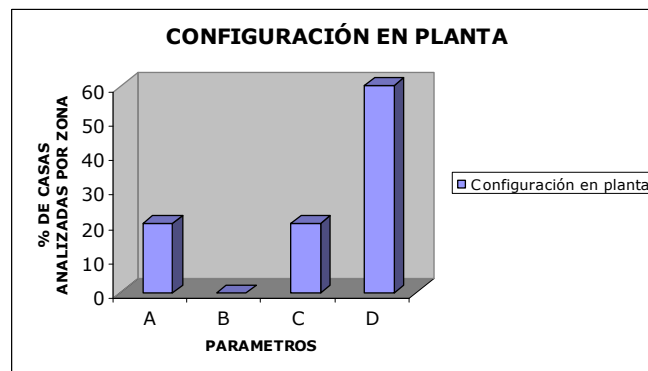


Figura 138. Configuración en planta para la zona 13. **Fuente:** Autores del proyecto.

Ésta es una zona donde existen plantas en forma de "L" y rectangulares siendo esta ultima la de mayor predominio.

Según lo muestra la figura 138, el 20 % de las casas de esta zona cumplen con la relación $a/L \geq 0.8$ o $b/L \leq 0.1$ (parámetro A), otro 20 % cumple con $0.4 \leq a/L < 0.6$ o $0.2 < b/L \leq 0.3$ (parámetro C) y el resto (60 %) con $a/L < 0.4$ o $b/L > 0.3$ (parámetro D).

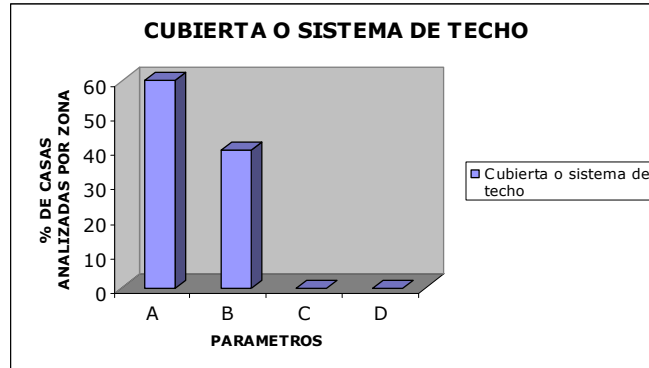


Figura 139. Cubierta o sistema de techo para la zona 13. **Fuente:** Autores del proyecto.

Como lo muestra la figura 139, el 60 % de las casas de esta zona se caracterizan por tener una cubierta estable, con viga de soporte y el 40 % restante no tienen viga de soporte.

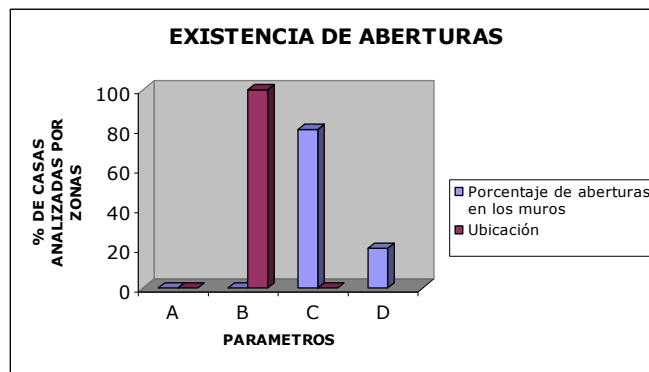


Figura 140. Aberturas para la zona 13. **Fuente:** Autores del proyecto.

La figura 140, nos muestra que ésta zona se caracteriza por tener un alto porcentaje de aberturas en sus muros, las cuales se ubican en los costados y en la parte central de los muros, siendo esta ultima la de mayor predominio.

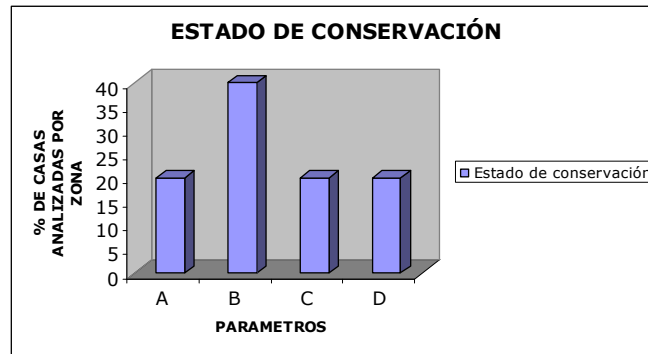


Figura 141. Estado de conservación para la zona 13. **Fuente:** Autores del proyecto.

Como podemos observar en la figura 141, el 20 % de las casas de esta zona se encuentran sin daño visible, el 40 % presenta fisuras capilares no extendidas en todo el muro, otro 20 % tiene grietas de tamaño entre los 2 a 3 mm de espesor y el 20% restante muestra daño severo.

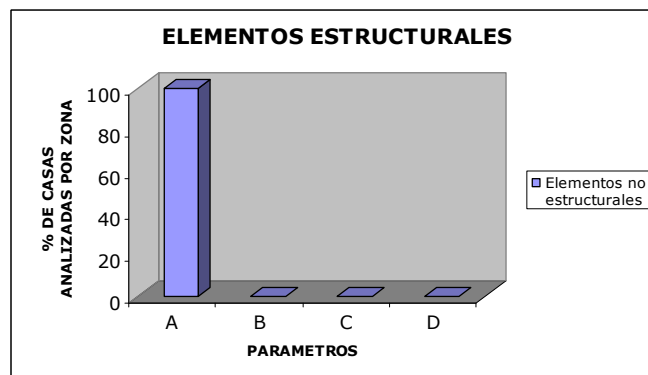


Figura 142. Elementos no estructurales para la zona 13. **Fuente:** Autores del proyecto.

Con la Figura 142, demostramos que ésta es una zona donde todas sus viviendas carecen de balcones, cornisas y frontones.

5.9.6 Zona Quince

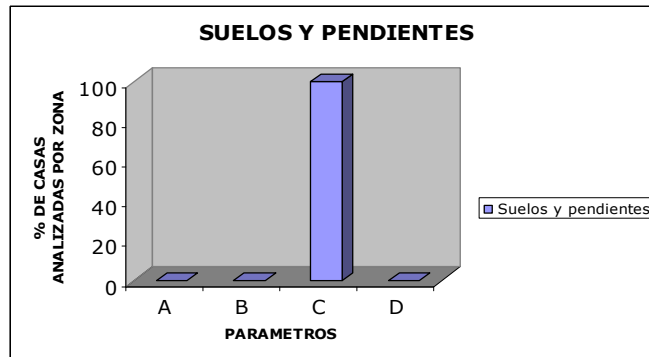


Figura 143. Suelos y pendientes para la zona 15. **Fuente:** Autores del proyecto.

Como se muestra en la figura 143, ésta zona se caracteriza por tener sus edificaciones cimentadas sobre suelo rígido con pendiente entre 30 y 50%.

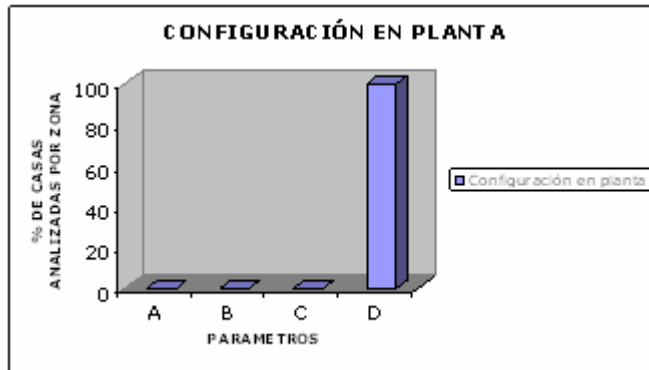


Figura 144. Configuración en planta para la zona 15. **Fuente:** Autores del proyecto.

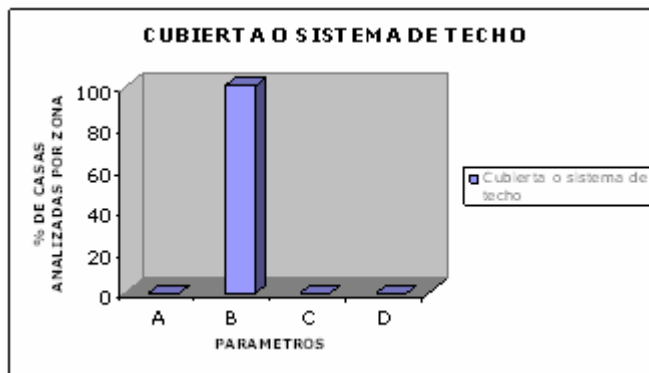


Figura 145. Cubierta o sistema de techo para la zona 15. **Fuente:** Autores del proyecto.

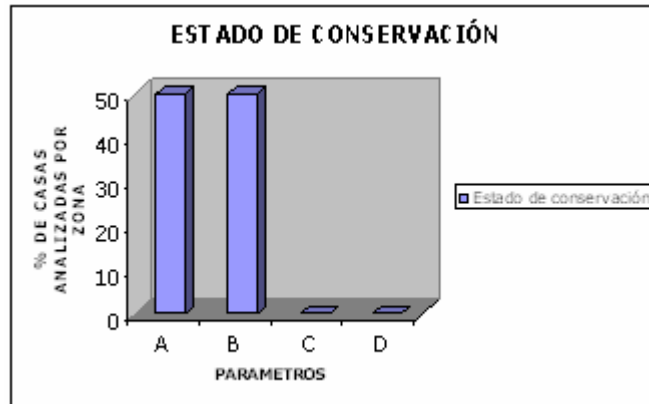


Figura 146. Estado de conservación para la zona 15. **Fuente:** Autores del proyecto.

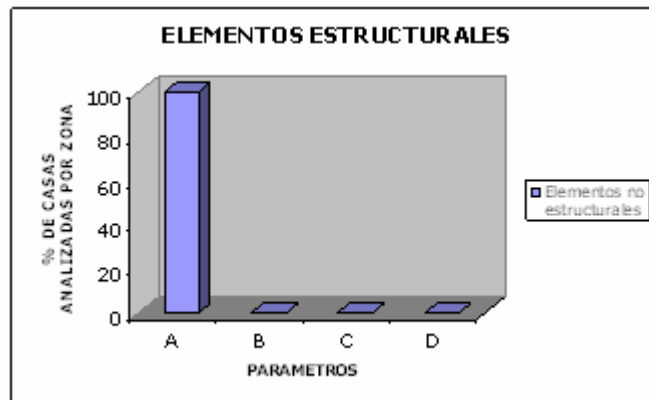


Figura 147. Elementos no estructurales para la zona 15. **Fuente:** Autores del proyecto.

Las Figuras 144, 145, 146 y 147, nos muestran que en esta zona los diseños de planta son en forma de “L” y “C” y las casas se caracterizan por cumplir con la relación $a/L < 0.4$ o $b/L > 0.3$ (parámetro D), por tener una cubierta estable sin viga de soporte; por mantener un buen estado de conservación, ya que el 50 % de ellas están sin daño visible y el otro 50 % tiene fisuras no extendidas en todo el muro. Además carecen de elementos externos en la estructura como son los frontones y las cornisas.

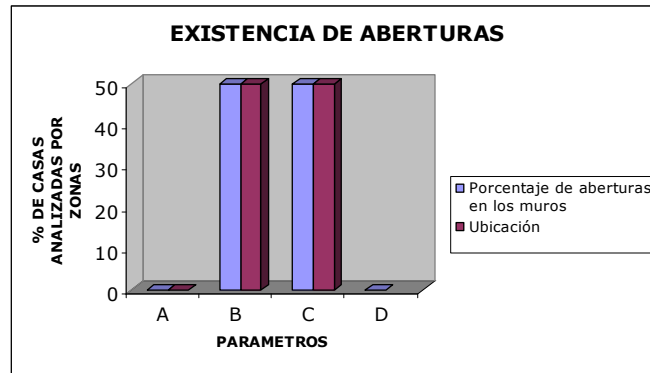


Figura 148. Aberturas para la zona 15. **Fuente:** Autores del proyecto

Como lo muestran las Figuras 148, el 50 % de las casas de ésta zona tienen un porcentaje entre 5 y 10 % de aberturas en los muros, el otro 50 % mantiene un porcentaje entre 10 y 15 %. Lo mismo sucede con la localización de dichas aberturas, una parte de las viviendas las tienen en los costados de los muros y la otra parte en el centro.

5.9.7 Zona Dieciséis



Figura 149. Estado de conservación para la zona 16. **Fuente:** Autores del proyecto.

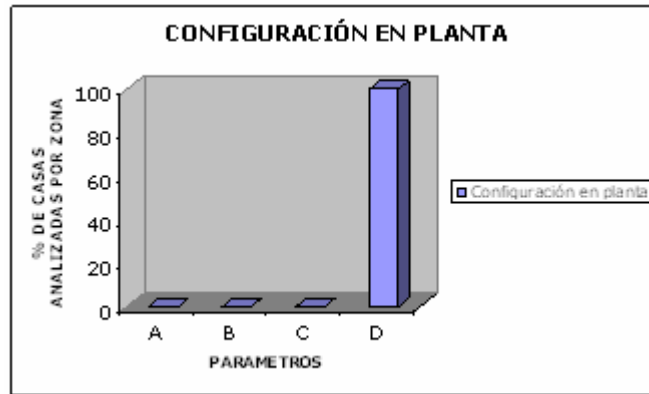


Figura 150. Configuración en planta para la zona 16. **Fuente:** Autores del proyecto.

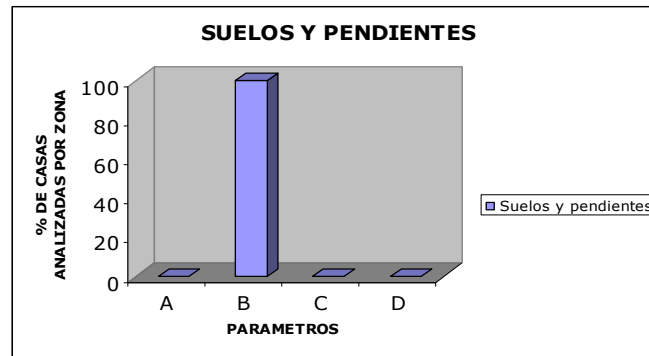


Figura 151. Suelos y pendientes para la zona 16. **Fuente:** Autores del proyecto.

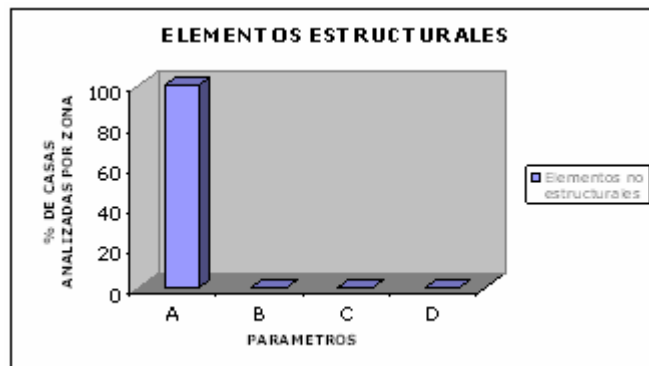


Figura 152. Elementos no estructurales para la zona 16. **Fuente:** Autores del proyecto

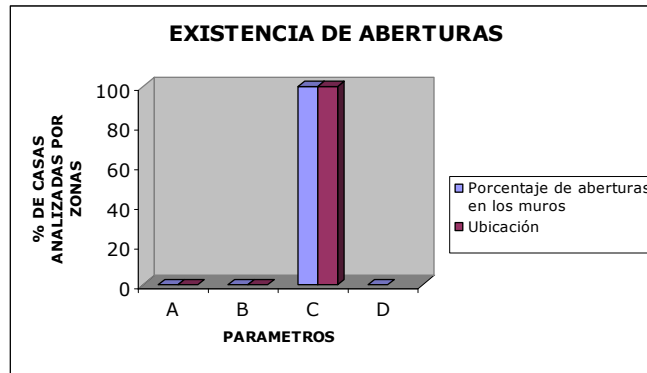


Figura 153. Aberturas para la zona 16. **Fuente:** Autores del proyecto.

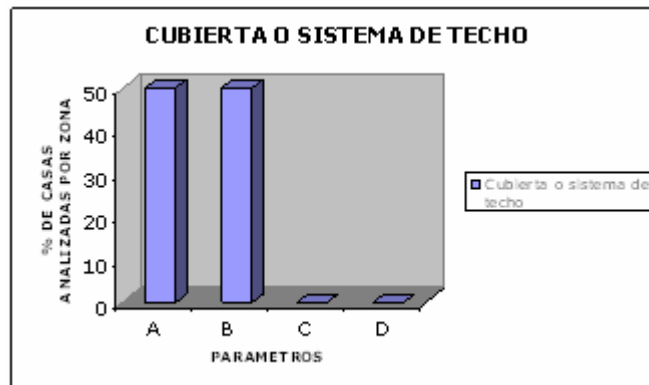


Figura 154. Cubierta o sistema de techo para la zona 16. **Fuente:** Autores del proyecto.

En éstas figuras 149, 150, 151, 152, 153 y 154, las edificaciones de esta zona se caracterizan por mantener un excelente estado de conservación, es decir, no presentan daño visible; cumplen con la expresión $a/L < 0.4$ o $b/L > 0.3$ (parámetro D) y sus diseños de planta son en forma de “C”; poseen un porcentaje de aberturas entre el 10 y 15% localizándose estas en los costados de los muros, se encuentran cimentadas sobre suelo rígido con pendiente entre el 10 y 30%.; por otra parte las casas carecen de balcones, cornisas y frontones.

El 50 % de las viviendas tienen una cubierta estable con viga de soporte y el otro 50 % sin viga de soporte.

CAPITULO VI: EXPERIENCIA VIVIDA

6.1 PROCESO CONSTRUCTIVO MERCADO CAMPESINO MESA DE LOS SANTOS

La siguiente información fue tomada de la construcción del mercado campesino ubicado en la mesa de los santos, proyecto perteneciente al grupo ACUARELA con la participación de Minke Gernot, un arquitecto Alemán que lleva más de treinta años utilizando este material (tierra), para la elaboración de viviendas autosostenibles.

La construcción del mercado se realizó con las siguientes especificaciones.



Figura 155. Preparación del terreno.
Fuente: www.vanguardia.com



Figura 156. Preparación de materiales
Fuente: www.vanguardia.com.



Figura 157. Tratamiento y moldeo de madera. **Fuente:** www.vanguardia.com



Adobe: compuesto por arcilla propia de la zona. Ver figura 158.



Figura 158. Adobes. **Fuente:** Autores del proyecto

Mezcla Pega: para la fabricación de esta mezcla se tomaron cuatro (4) carretillas de arcilla de la zona donde previamente fueron tamizadas y colocadas en un alto grado de saturación durante 2 horas y después pisadas por 3 obreros. En el siguiente paso se agregaron 2 carretilladas de arena fina de peña y 2 carretilladas de arena fina de río, después la pisaron hasta llegar al punto indicado, dejándola tapada con un plástico aproximadamente 12 horas para poder ser utilizada. Ver figura 159, 160 y 161.



Figura 159. Riego de la arcilla de pega. **Fuente:** Autores del proyecto



Figura 160. Saturación y reposo de la arcilla de pega. **Fuente:** Autores del proyecto.



Figura 161. Mezcla lista para ser utilizada. **Fuente:** Autores del proyecto.

Techo vivo: en este proceso se trituró el ladrillo cosido aproximadamente de $\frac{3}{4}$ " de tamaño para después mezclarlo con material orgánico. La dosificación es de 1 carretilla de ladrillo con 2 de material orgánico. Ver figura 162 y 163.



Figura 162. Trituración de ladrillo cosido. **Fuente:** Autores del proyecto.



Figura 163. Mezcla de ladrillo cosido y material orgánico. **Fuente:** Autores del proyecto.

Para cubrir el techo se colocó un textil impermeable sobre la estructura de madera donde es vaciada la mezcla de ladrillo con material orgánico, luego se colocó el césped que previamente fue extraído de la zona, en tamaños de 30x30 cm. Ver figura 164 y 165.



Figura 164. Techo vivo. **Fuente:** Autores del proyecto.



Figura 165. Riego del césped del techo vivo. **Fuente:** Autores del proyecto.

Cimentación: en ésta se realizaron excavaciones de 40 cm. de profundidad por 30 cm. de ancho rellenos con bolo (rajón) y pegados con mortero. Ver figura 166.



Figura 166. Cimentación. **Fuente:** Autores del proyecto.

Resistencia Sísmica: para poder cumplir con las exigencias sísmicas se colocó un alambre amarrado y tensado a dos párales verticales, dándole confinamiento a los muros; este alambre se ubicó aproximadamente cada 30 cm. a lo largo del muro. Ver figura 167 y 168.



Figura 167. Colocación del alambre. **Fuente:** Autores del proyecto.



Figura 168. Alambre para la resistencia sísmica. **Fuente:** Autores del proyecto.

Levantamiento del muro: Los muros cargueros se construyeron con hiladas compuestas por dos adobes en soga y la siguiente en tazón. El muro carecía de conexiones entre él y el cimiento es decir no existía trabe entre ellos. Ver figura 169.



Figura 169. Levantamientos de los muros. **Fuente:** Autores del proyecto.

El muro es homogéneo el cual posee un buen ligamento entre todos sus módulos o unidades. Ver figura 166.

Para impermeabilizar el muro se utilizó una mezcla de suero con cal.

Cubierta: compuesta por cerchas de madera, madera rolliza, bolos y techo vivo. Ver figura 170.



Figura 170. Colocación de la madera rolliza para la cubierta. **Fuente:** Autores del proyecto.

Al finalizar el muro se colocaron varillas de ½” con el objetivo de conectar la cubierta con dicho muro.



Figura 171. Acceso al mercado campesino. **Fuente:** www.vanguardia.com



Figura 172. Interior del mercado campesino **Fuente:** www.vanguardia.com



Figura 173. Nuestra visita al Mercado Campesino de Acuarela. **Fuente:** Autores del proyecto.

CONCLUSIONES

- ❖ A partir del trabajo realizado se exploraron las características de las edificaciones de Tapia Pisada en la ciudad. El 11% de las viviendas de Bucaramanga están construidas por este sistema de construcción predominando en zonas conformadas por los barrios: Alfonso López, Campohermoso, Chorreras de don Juan, Gaitan, San Francisco, La Universidad, Antonia Santos, La concordia, Centro, Sotomayor y Girardot; para ello se identificaron y analizaron los parámetros más importantes para en el futuro estimar su vulnerabilidad sísmica.
- ❖ Para la recopilación y manejo de información de las viviendas de Tapia Pisada fue necesario trabajar en fases; en la primera se diseñó un formulario que constaba de cuatro partes como son: uso de la edificación, características generales de la edificación, edificación en Tapia e información gráfica. En la segunda se realizó otro formulario que ayudó a que la información fuera más detallada. Cabe resaltar que estos formularios fueron indispensables para proporcionarnos la investigación que requeríamos para inspeccionar dichas viviendas.
- ❖ Las edificaciones de Tapia Pisada que conforman la ciudad de Bucaramanga en su mayoría son de uso residencial. Todas fueron autoconstruidas a partir del año de 1900. Algunas de ellas muestran sus muros en buen estado, cuentan con cubiertas estables con y sin viga de soporte, compuestas por caña brava y teja de barro. Carecen de conexiones entre sus muros y los cimientos; pero poseen trabe entre sus muros compuestos por madera rolliza colocada aproximadamente cada 1m. La mayor parte de éstas presentan sus aberturas entre el 10 y 15% del área total del muro, localizadas en la parte central y en los costados de dichos muros. Al igual que la zona

seis, la siete presenta la mayoría de sus casas cimentadas sobre suelos rígidos con pendientes menor al 10%, mientras que las zonas ocho, trece y dieciséis las tienen sobre suelos rígidos con pendientes entre el 10 y el 30%. La variedad en diseños de plantas existen en todas las zonas, existiendo un predominio de plantas rectangulares en la seis, siete y trece. En cuanto a la cubierta las zonas siete, ocho, nueve y quince en su mayoría la tienen estable y sin viga de soporte, mientras que las casas de la zona trece poseen en su mayoría una cubierta estable con viga de soporte y las zonas seis y dieciséis las presentan con vigas y sin vigas de soporte en cantidades parecidas.

- ❖ Al analizar el parámetro llamado Relación Demanda – Calidad se observó que las casas de Tapia Pisada soportan una máxima aceleración horizontal S_a de 0.05 con un coeficiente de aceleración A_a de 0.02g tanto en la dirección X como en Y; y estas colapsan al someterlas a un coeficiente de 0.25g.
- ❖ Después de haber cumplido con las expectativas de este trabajo, tuvimos la oportunidad de observar y colaborar en el proceso de construcción de unos de los locales llamado Kiosco Panorámico del MERCADO CAMPESINO DE ACUARELA, ubicado en la Mesa de los Santos en donde se contó con la presencia y participación del Arquitecto Minke Gernot quien fue la guía de este proceso.

RECOMENDACIONES

Este proyecto es una herramienta para tenerlo en cuenta en estudios futuros en la Universidad Industrial de Santander porque la ciudad de Bucaramanga posee viviendas en Tapia Pisada, algunas de ellas son Patrimonio Nacional y Cultural. Además la Tapia Pisada fue uno de los primeros sistemas de construcción asequibles para el hombre, es por eso que debe dárseles la importancia que ameritan analizándolas y valorándolas.

Con base en la información recopilada y analizada en este trabajo de grado es ahora posible pensar en la elaboración de un sistema de información geográfica para construcciones en Tapia Pisada. De igual manera las metodologías aquí propuestas pueden aplicarse a un estudio mucho más amplio que abarque otras poblaciones del departamento de Santander y Colombia, en las cuales estas construcciones son muy frecuentes.

Los resultados obtenidos en este trabajo permitirán que en un futuro sea posible la realización de un estudio de Vulnerabilidad Sísmica a las edificaciones que fueron objeto de análisis en dicho trabajo.

REFERENCIAS

[1] ESPINOZA, Carlos. Crecimiento Urbanístico de Bucaramanga 1850 - 1900. Bucaramanga, 1996. Trabajo de grado (Historia). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Humanidades.

[2] CORTES, Wilmar. Desarrollo de una Metodología para la Evaluación Sismo Resistente de Edificaciones Antiguas en Tapia Pisada y Adobe. Bucaramanga, 2002. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas.

[3] ALVAREZ. Jaime, RUEDA. Néstor. Estructura Urbana de Bucaramanga 1901 – 1930. Bucaramanga 1999. Trabajo de grado (Historia). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Humanidades.

[4] GOMEZ. Iván, RODRIGUEZ. Eder. Generación de Funciones de Vulnerabilidad para Edificaciones de Mampostería no Reforzada de Baja Altura no Utilizando Técnicas de Simulación. Bucaramanga 2006. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas.

[5] MINKE. Gernot. Manual de Construcción en Tierra. Editorial Fin de Siglo. 2^{da} ed. Uruguay. 2005.

[6] MINKE. Gernot. Manual de Construcción para Viviendas Antisísmicas de Tierra. Editorial Universidad de Kassel. 2^{da} ed. Alemania. 2001.

[7] DOAT. Patrice, HAYS. Alain, HOUBEN. Hugo, MATUK. Silvia, VITOUX. Francois. Construir con Tierra. Tomo I. Editorial Fondo Rotatorio. Bogotá 1990.

[8] ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA. Normas Colombianas de diseño y Construcción Sismo Resistente. Bogotá Imprenta Nacional de Colombia. 1998. Capitulo A y B.

[9] ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA. Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en Adobe y Tapia Pisada. Bogotá Imprenta Nacional de Colombia. 2004.

[10] MALDONADO. Esperanza, CHIO. Gustavo. Visión Estructural de las Edificaciones de la Ciudad de Bucaramanga. Editorial Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2007.

ANEXOS A: FORMULARIOS

PARTE A: USOS DE LA EDIFICACIÓN																						
I. RESIDENCIAL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Morada permanente (sin negocio)	X	X			X	X	X														X
2	Morada permanente (con negocio)			X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	Alojamiento Temporal																					
4	Casa institucional de grupo																					
II. COMERCIAL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Negocio al detal																					
2	Negocio al por mayor																					
3	Servicio profesional, técnico, de negocio y financiero																					
4	Servicio de cuidado médico																					
5	Entretenimiento y recreación																					
6	Parqueadero																					
III. INDUSTRIAL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Fabricación y ensamble pesado																					
2	Fabricación y ensamble liviano																					
3	Procesamiento de comidas																					
4	Procesamiento de comidas																					
IV. RELIGION		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Iglesia Católica																					
2	Sitio de oración																					
V. EDUCACIÓN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Jardín infantil																					
2	Escuela - colegio																					
3	Universidad																					
4	Instituto de enseñanza																					
5	Bibliotecas y centros culturales																					
VI. SALUD		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Hospital																					
2	Clinica																					
3	Puesto de salud																					
VII. GOBIERNO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Servicios generales																					
2	Servicios de respuesta de emergencias																					
VIII. OTRO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Solar																					
2	Edificación en construcción																					
3	Bodega																					

PARTE B: CARAC. GENERALES DE LA EDIFICACION		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
I. MATERIAL																						
1	Tapia o Bareque	X	X		X	X	X	X	X			X		X	X	X						
2	Adobe			X						X	X						X	X	X	X		
3	Tapia y Adobe												X									
II. PROCESO CONSTRUCTIVO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Autoconstrucción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Dirigidos por Ingenieros o Arquitectos.																					
III. AÑO DE CONSTRUCCIÓN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Antes de 1700																					
2	En el siglo XVIII																					
3	En el siglo XIX																					
4	Desde 1900 en adelante	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
IV. GEOMETRÍA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Tipo de irregularidad en planta	3	3	2	1	2	2	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
V. DIAFRAGMA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Losa maciza (espesor entre 0,05m y 0,15m)																					
2	Losa aligerada (espesor mayor de 0,15m)																					
3	Losa prefabricada (sección tipo T)																					
4	Entrepiso en madera																					
5	Sin diafragma	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VI. MATERIAL DE LA CUBIERTA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Losa de concreto																					
2	Cubierta con zinc o eternit	X				X		X	X					X					X			
3	Cubierta con teja de barro		X	X	X		X			X	X	X	X		X	X	X			X	X	
	Cubierta en eternit y teja de barro																					
VII. DATOS NUMERICOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Número de pisos (sin incluir sótano)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Altura del primer piso (m)	3,2	2,3	3,5	3,5	3,5	4	3,3	3,3	2,8	3,2	2,9	3,0	3,3	3,3	3,3	3,0	2,5	2,5	2,5		
3	Altura promedio de piso (segundo piso)																					

PARTE C: EDIFICACIONES DE TAPIA																					
I. ESTADO DE CONSERVACION		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Muros en buena condición, sin fisuras visibles	X		X	X		X				X		X	X				X			
2	Muros que presentan fisuras no extendidas		X			X						X							X	X	
3	Muros con fisuras de tamaño medio entre 2 a 3 mm de ancho ó que presenten un estado mediocre de conservación.							X		X					X	X	X				
4	Muros que presenten un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de más de 3 mm de ancho.								X												
II. CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE																					
HOMOGENEIDAD		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Todas las unidades de Tapia o Adobe dentro del muro son del mismo tipo y posee dimensiones constantes y correcta colocación.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Existen varios tipos de unidades dentro de los muros o las unidades del muro tienen dimensiones diferentes o incorrecta colocación.																				
LIGAMENTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Presencia de buen ligamento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	No existen juntas conmortero verticales u horizontales en algunas zonas de los muros.																				
III. CONEXIONES DEL ENTREPISO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	El entrepiso presenta buenas conexiones con el muro.																				
2	Presenta discontinuidad en el diafragma.																				
3	Presenta discontinuidad en el diafragma y deformaciones apreciables.																				
4	El entrepiso presenta mala conexión con el muro, discontinuidades y deformaciones apreciables.																				
IV. SISTEMA DE TECHO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	La cubierta es estable o plana con viga de soporte.	X		X	X		X	X			X	X					X		X	X	
2	La cubierta es estable o plana sin viga de soporte.		X			X			X	X			X	X	X	X		X			
3	La cubierta es inestable pero con viga de soporte.																				
4	La cubierta es inestable sin viga de soporte.																				

V. ABERTURAS EN LOS MUROS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TAMANO DE LAS ABERTURAS EN LOS MUROS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Las aberturas son menores al 5% del area total del muro.										X								X	X	
2	Las aberturas estan entre el 5% y el 10% del area total del muro.								X				X								
3	Las aberturas estan entre el 10% y el 15% del area total del muro.		X		X	X						X	X			X	X	X			
4	Las aberturas son mayores al 15% del area total del muro.	X		X			X	X		X					X						
UBICACIÓN DE LAS ABERTURAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Las aberturas se encuentran distribuidas a lo largo del muro.																				
2	Las aberturas se encuentran en la parte central del muro.	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X		X	X	X	X		
3	Las aberturas se encuentran ubicadas en los costados del muro.								X		X		X		X						X
VI. ESTADO DE CONSERVACIÓN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MUROS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Los muros de Tapia o Adobe se encuentran en buena condición, sin daño visible.	X	X	X	X	X	X				X			X				X		X	
2	Los muros de Tapia o Adobe presentan grietamientos no extendido en todo el muro, caída del pañete.								X			X	X						X		
3	Los muros de Tapia o Adobe presentan grietas de 2 a 3 mm de espesor, o con agrietamientos capilar extendido, o su estado de conservación es mediocre.							X		X					X	X	X				
4	Los muros de Tapia o Adobe presentan un grave deterioro en los materiales de construcción o con agrietamientos mayores a 3 mm.																				
ENTREPISO Y LA CUBIERTA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Las cubiertas y el entrepiso se encuentran en excelente estado.	X	X	X	X	X			X		X		X	X	X			X		X	X
2	Daños de las tejas en la cubierta y mal estado de algún elemento del entrepiso.						X	X		X		X				X	X		X		
3	Deterioro del entrepiso y la cubierta.																				
4	Gran daños en el sistema de entrepiso y en la cubierta con zonas que se encuentra proximas al colapso.																				

VII. ELEMENTO NO ESTRUCTURALES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	La edificación no presenta cornisas, frontones, parapetos, ni balcones, o balcones pequeños que son extensiones de los entresijos.	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2	La edificación presenta elementos externos a la estructura de pequeñas dimensiones.							X														
3	La edificación presenta balcones corridos cubiertos o en tribuna que se encuentran colocados en voladizo.																					
4	La edificación presenta frontones o cualquier elemento externo a la estructura, de peso considerable, que puede caer en caso de un sismo.																					
VIII. REFORMAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	La edificación presenta reformas en altura.								X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
2	La edificación presenta reformas en planta.	X		X		X		X		X	X					X		X				
3	No presenta reformas.		X		X		X								X							
IX. TIPOS DE REFORMAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Adición de muros en mampostería (en planta o en altura).	X		X		X		X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
2	Adición de placas.									X	X					X		X				

ANEXOS B: GUÍA DE LOS FORMULARIOS

B.1 INSTRUCCIONES DE FORMULARIO DE INVENTARIO PARA LA EVALUACION DE LAS EDIFICACIONES (manejo en campo)

A continuación se detallan algunas de las preguntas del formulario para su evaluación en campo:

Parte A: Usos de la Edificación

La edificación debe tener uno y solo un uso basado en la función más indicada para la casa.

Parte B: Características Generales de la Edificación

❖ **Pregunta IV: Geometría**

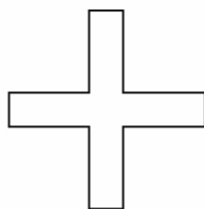
En el formulario se debe indicar el tipo de irregularidad en planta y en elevación según se indica a continuación:

Irregularidades en Planta (Escribir número):

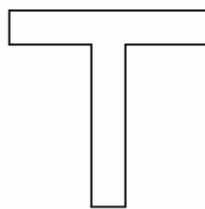
Sistemas no ortogonales o no paralelos



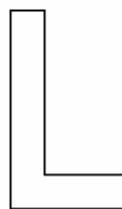
1



3



4



5



6

Parte C

❖ **Pregunta II:** Calidad del Sistema Resistente

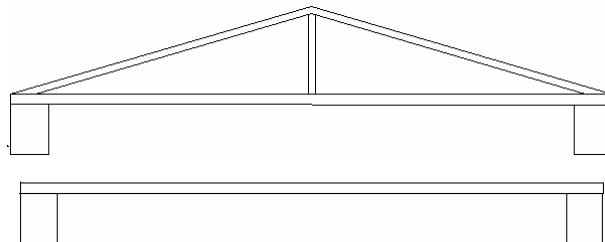


Todas las unidades de tapia o adobe dentro de un mismo muro son del mismo tipo, y posee dimensiones constantes y correcta colocación.

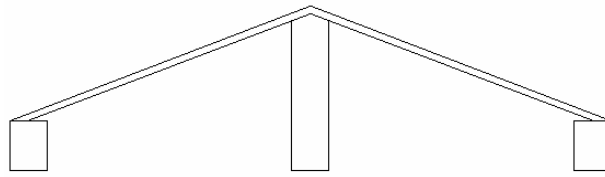


Existen varios tipos de unidades dentro de los muros, o las unidades del muro tienen dimensiones diferentes o incorrecta colocación.

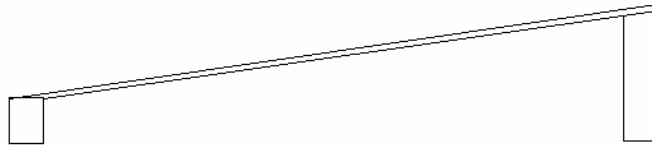
❖ **Pregunta IV:** Sistema de Techo



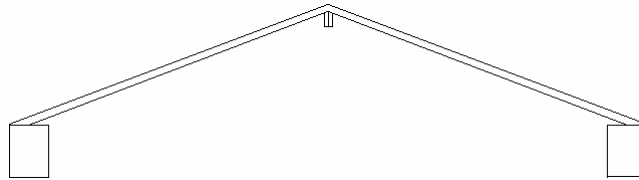
Cubierta estable o plana con viga de soporte



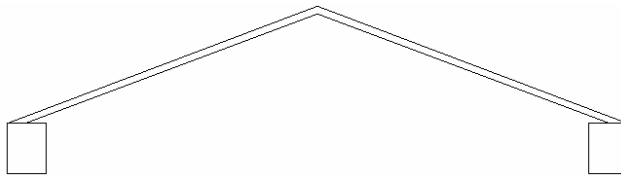
Cubierta estable sin viga de soporte



Cubierta inestable con viga de soporte

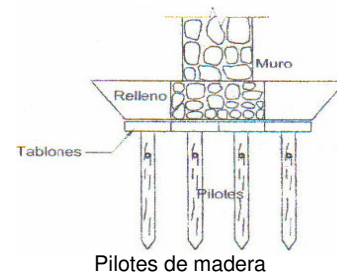
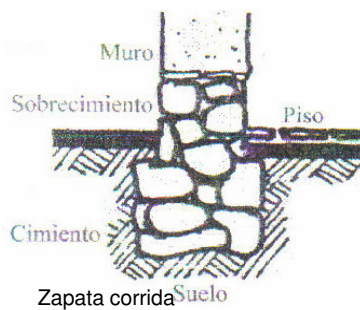


Cubierta inestable sin viga de soporte

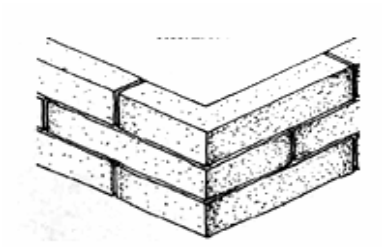


B.2 INSTRUCCIONES DE FORMULARIO DE INVENTARIO PARA EDIFICACIONES EN DEMOLICIÓN (manejo en campo)

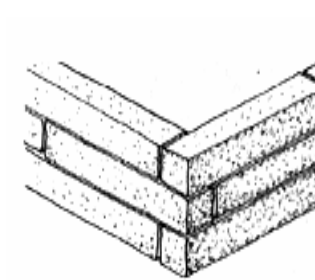
❖ Pregunta I: Tipo de cimentación



❖ **Pregunta II:** Sistemas de módulos



Esquinas integradas



formaleta hasta el final

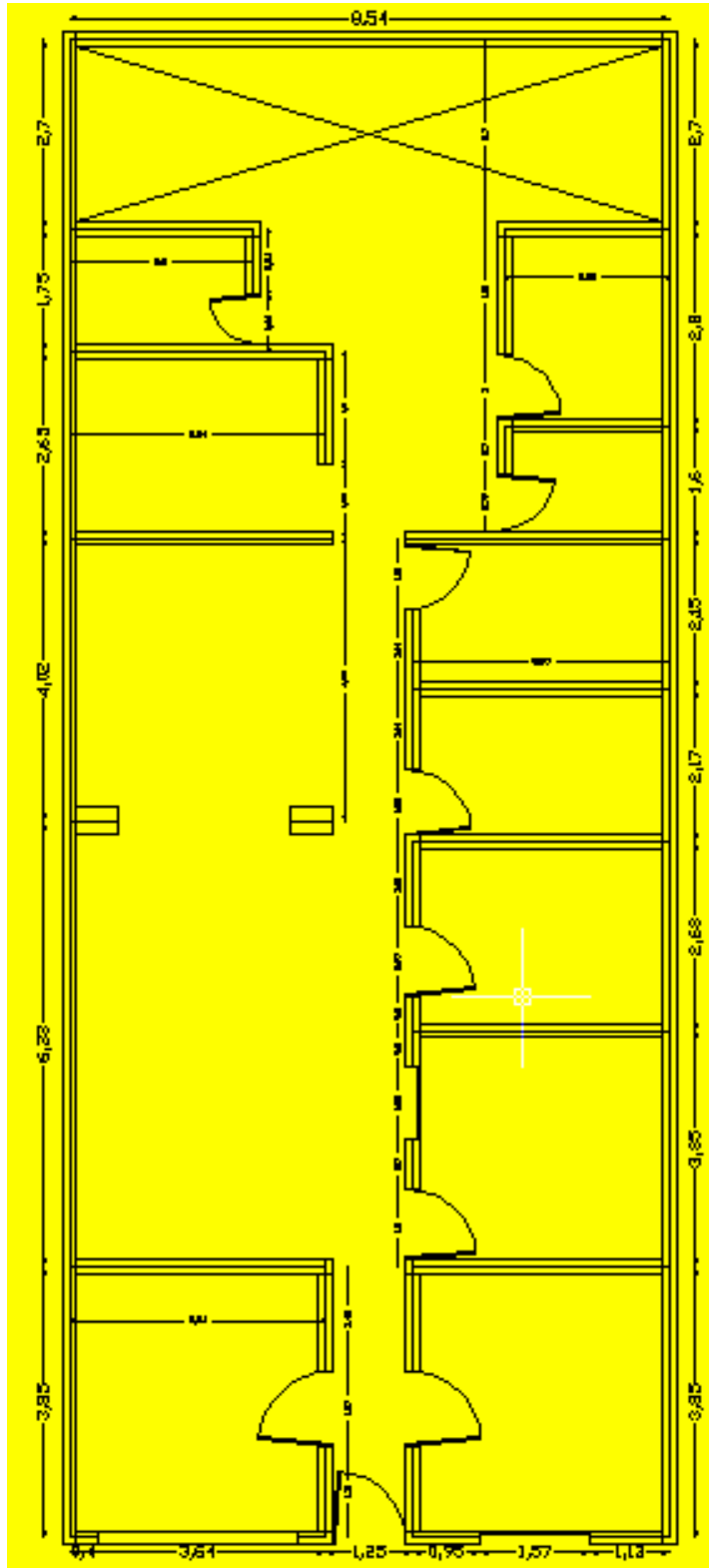
❖ **Pregunta III:** Conexiones

La presencia o no de las conexiones determina el comportamiento del sistema resistente, siendo la situación menos favorable aquella en que no existe ningún tipo de unión.

ANEXOS C: FOTOS Y PLANOS

C.1 CASA 6: Calle 47 # 22 – 90





C.2 CASA 21: Cra. 16 # 18 – 55



C.3 CASA 44: Calle 30A # 33 – 25



