

CONFORT HIGRO-TÉRMICO Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN COLOMBIA

Proyecto de vivienda multifamiliar en altura dentro de la ciudad de
Villavicencio

SANTIAGO ANILLO ARGÜELLO

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE CREACIÓN Y COMUNICACIÓN
PROGRAMA DE ARQUITECTURA
BOGOTÁ
2023

CONFORT HIGRO-TÉRMICO Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN COLOMBIA

**Proyecto de vivienda multifamiliar en altura dentro de la ciudad de
Villavicencio**

SANTIAGO ANILLO ARGÜELLO

Trabajo de Grado para optar al Título de Arquitecto

Director

CARLOS JIMÉNEZ ROMERA

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE CREACIÓN Y COMUNICACIÓN
PROGRAMA DE ARQUITECTURA
BOGOTÁ
2023**

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mis padres por siempre apoyarme a lograr todas mis metas tanto personales como académicas. Siempre son mi inspiración y mi soporte para nunca rendirme ante la adversidad. Agradezco también a los profesores que me acompañaron en todo este proceso, gracias a su dedicación, sus precisos aportes y correcciones, me guiaron por un camino adecuado. Finalmente agradezco a la institución y a cada directivo por su trabajo y la gestión necesaria para desarrollar todo este procedimiento.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
2.2	JUSTIFICACIÓN	2
3	OBJETIVOS	4
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	4
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
4	MARCO TEÓRICO.....	5
4.1	MARCO CONCEPTUAL	5
4.1.1	IMPORTANCIA DEL CLIMA EN LA ARQUITECTURA.....	6
4.2	ESTADO DEL ARTE.....	6
4.2.1	EL DIAGRAMA PSICOMÉTRICO DE GIVONI EN LA BIOCLIMÁTICA.....	6
4.3	CONTEXTO ACTUAL.....	7
4.3.1	BIOCLIMÁTICA EN LA ACTUALIDAD	7
4.3.2	LA FALTA DE NORMATIVA/ESTUDIOS/INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN COLOMBIA.....	8
4.4	ESTUDIOS DE CASO.....	9
4.5	CLIMAS DE COLOMBIA.....	12
4.5.1	FACTORES SOCIO-CULTURALES Y SU RELACIÓN CON LA FORMA DE LA VIVIENDA	14
4.5.2	EL CLIMA COMO UN FACTOR MODIFICANTE PERO NO DETERMINANTE.....	15
5	METODOLOGÍA.....	16
5.1	CARACTERIZACIÓN DE LA BIOCLIMÁTICA EN COLOMBIA POR EL USO DEL DIAGRAMA DE GIVONI.....	16
5.2	ANÁLISIS DE VIVIENDA EXISTENTE.....	16
5.3	DESARROLLO DE PROYECTO BIOCLIMÁTICO EN UNA CIUDAD COLOMBIANA.....	16
5.4	COMPROBAR SI EXISTE UNA MEJORA EN LA SENSACIÓN HIGRO-TÉRMICA	
	16	
6	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	17

6.1	BIOCLIMÁTICA EN COLOMBIA.....	17
6.1.1	ANÁLISIS DE LA BIOCLIMÁTICA EN COLOMBIA A TRAVÉS DEL DIAGRAMA PSICOMÉTRICO DE GIVONI.....	18
6.2	ANÁLISIS DE LA UBICACIÓN Y EL CONTEXTO.....	27
6.2.1	BIOCLIMÁTICA EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO	27
6.2.2	ANÁLISIS DE LAS VIVIENDAS EXISTENTES	29
6.3	ANÁLISIS DE REFERENTES.....	32
6.3.1	REFERENTES FORMALES	32
6.3.2	REFERENTES TÉCNICOS	37
6.3.3	LA IMPORTANCIA DE LOS PATIOS EN LA ARQUITECTURA.....	42
6.4	SELECCIÓN DE LOTE	42
6.4.1	CARACTERÍSTICAS DE LOTES	44
6.4.2	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE FORMA Y ORIENTACIÓN.....	49
6.4.3	ESTRATEGIAS EN EL TIPO DE LOTE SELECCIONADO – TIPO C	56
6.5	VARIACIONES DE FORMA, ORIENTACIÓN Y DISTRIBUCIONES INTERNAS EN EL TIPO DE LOTE SELECCIONADO - TIPO C	63
6.6	VARIACIONES DE DISEÑOS Y COMPOSICIONES, INTERNAS Y EXTERNAS EN EL MODELO DE ORGANIZACIÓN SELECCIONADO - TIPO C4	66
6.7	ESQUEMA BÁSICO DE PROYECTO	71
6.7.1	PRIMER PISO	72
6.7.2	SEGUNDO PISO.....	72
6.7.3	TERCER PISO.....	73
6.7.4	CUARTO PISO.....	73
6.7.5	CORTES A PROYECTO	74
6.7.6	VISTAS ISOMÉTRICAS DE PROYECTO	75
6.8	ANTEPROYECTO.....	76
6.8.1	AMUEBLAMIENTO DE ESQUEMA BÁSICO / COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE TODOS LOS ESPACIOS	77
6.8.2	PRUEBA DE MATERIALIDAD EN CORTES ESTRUCTURALES.....	78
6.8.3	CORRECCIÓN DE ESTRUCTURA – GENERACIÓN DE LA CIMENTACIÓN.....	80

6.8.4	DISEÑO FINAL DE ANTE-PROYECTO.....	83
6.8.5	IMPLEMENTACIÓN DE REDES DE SERVICIOS (HIDRÁULICO – ELÉCTRICO – GAS).....	88
7	PROYECTO	90
7.1	ANÁLISIS DE DINÁMICA DE FLUIDOS - CFD	90
7.1.1	RESULTADO DE SIMULACIÓN – DISEÑO ORIGINAL - 2:00 PM (HORARIO CON MAYOR TEMPERATURA E INCIDENCIA SOLAR EN LA UBICACIÓN)	91
7.2	MEJORAMIENTO DE PROPUESTA A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS.....	98
7.2.1	ANÁLISIS DE NUEVO DISEÑO VS DISEÑO ORIGINAL – 2:00 PM (PUNTO DE MAYOR TEMPERATURA)	98
7.3	DISEÑO DE PROPUESTA VS DISEÑO CONVENCIONAL	101
7.3.1	PRIMER ANÁLISIS – 6:00 AM (HORA DE SALIDA DEL SOL).....	102
7.3.2	SEGUNDO ANÁLISIS – 2:00 PM (PUNTO DE MAYOR TEMPERATURA) I05	
7.3.3	TERCER ANÁLISIS – 6:00 PM (HORA EN QUE SE OCULTA EL SOL).....	109
7.4	PLANIMETRÍA FINAL	113
7.4.1	PLANTAS ARQUITECTÓNICAS A DETALLE.....	113
7.4.2	VOLUMETRÍA.....	117
7.5	CORTES A DISEÑO BIOCLIMÁTICO, COMO SE APLICAN Y COMO FUNCIONAN EN EL PROYECTO.....	118
7.5.1	CORTE TRANSVERSAL.....	118
7.5.2	CORTE LONGITUDINAL	118
7.6	VISUALES A PROYECTO.....	119
7.6.1	EXTERNAS.....	119
7.6.2	INTERNAS.....	120
8	CONCLUSIONES.....	123
9	BIBLIOGRAFÍA.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de temperaturas y humedades máximas y mínimas	17
Tabla 2. Tabla de estrategias aplicables en Bogotá.....	18
Tabla 3. Tabla de estrategias aplicables en Medellín	19
Tabla 4. Tabla de estrategias aplicables en Cali.....	20
Tabla 5. Tabla de estrategias aplicables en Barranquilla.....	21
Tabla 6. Tabla de estrategias aplicables en Quibdó.....	22
Tabla 7. Tabla de estrategias aplicables en Villavicencio	23
Tabla 8. Tabla de estrategias aplicables en Ibagué	24
Tabla 9. Tabla de estrategias aplicables en Florencia	25
Tabla 10. Tabla de estrategias aplicables en cada contexto	26
Tabla 11. Tabla de temperaturas y humedades relativas	27
Tabla 12. Tabla de normativa de construcción en lotes.....	43
Tabla 13. Tabla comparativa de lotes.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de problemática.....	3
Figura 2. Diagrama de propuesta	4
Figura 3. Diagrama psicométrico de Givoni	6
Figura 4. Construcción finalizada del prototipo en físico	10
Figura 5. Diagrama con polígono de la ciudad de Bogotá	18
Figura 6. Diagrama con polígono de la ciudad de Medellín	19
Figura 7. Diagrama con polígono de la ciudad de Cali.....	20
Figura 8. Diagrama con polígono de la ciudad de Barranquilla.....	21
Figura 9. Diagrama con polígono de la ciudad de Quibdó	22
Figura 10. Diagrama con polígono de la ciudad de Villavicencio	23
Figura 11. Diagrama con polígono de la ciudad de Ibagué	24

Figura 12. Diagrama con polígono de la ciudad de Florencia.....	25
Figura 13. Diagrama con polígonos de las diferentes ciudades analizadas	26
Figura 14. Comodidad de la temperatura a través del día	28
Figura 15. Salida e inclinación del sol a través del año	28
Figura 16. Promedio de lluvia a través del año	28
Figura 17. Comodidad de la humedad a través del año	29
Figura 18. Vías y ríos	30
Figura 19. Consolidación de viviendas en altura.....	30
Figura 20. Consolidación de viviendas mixtas	31
Figura 21. Consolidación de viviendas de baja altura	31
Figura 22. Matriz de referentes para circulaciones de “Casa patio”	32
Figura 23. Matriz de referentes para espacios de “Casa patio”	33
Figura 24. Matriz de referentes para fachada	34
Figura 25. Referente de forma 1 - PCG I Vivienda Multifamiliar - Fotos.....	34
Figura 26. Referente de forma 1 - PCG I Vivienda Multifamiliar - Planos	35
Figura 27. Referente de forma 2 - Edificio de viviendas Patios 16 - Fotos.....	35
Figura 28. Referente de forma 2 - Edificio de viviendas Patios 16 - Planos.....	35
Figura 29. Referente de forma 3 - Hotel de Monte Málaga - Fotos.....	36
Figura 30. Referente de forma 3 - Hotel de Monte Málaga - Planos.....	36
Figura 31. Referente de forma 4 - Edificio VIVIR PERMEABLE- Fotos	36
Figura 32. Referente de forma 4 - Edificio VIVIR PERMEABLE- Planos.....	37
Figura 33. Estado actual de fachadas en el contexto urbano.....	37
Figura 34. Propuesta para fachadas y cubiertas.....	37
Figura 35. Propuesta para ventilación por cubierta por torres captadoras.....	38
Figura 36. Propuesta para ventilación por sistemas de doble fachada	38
Figura 37. Propuesta para ventilación e iluminación por fachadas permeables	39
Figura 38. Referente técnico 1 - Bosco Verticale - Fotos.....	39
Figura 39. Referente técnico 1 - Bosco Verticale - Planos	39
Figura 40. Referente técnico 2 - Haute Vallée School - Fotos	40

Figura 41. Referente técnico 2 - Haute Vallée School - Planos	40
Figura 42. Referente técnico 3 - Emiliano RJ - Fotos.....	40
Figura 43. Referente técnico 3 - Emiliano RJ - Planos	41
Figura 44. Referente técnico 4 - The Modern Village Office - Fotos	41
Figura 45. Referente técnico 4 - The Modern Village Office - Planos.....	41
Figura 46. Vista a lote tipo A.....	45
Figura 47. Vista a lote tipo A.....	46
Figura 48. Vista a lote tipo B.....	47
Figura 49. Vista a lote tipo B.....	47
Figura 50. Vista a lote tipo C	49
Figura 51. Análisis de forma y orientación A1	50
Figura 52. Análisis de forma y orientación A2	50
Figura 53. Análisis de forma y orientación A3	51
Figura 54. Análisis de forma y orientación A4	51
Figura 55. Análisis de forma y orientación B1	52
Figura 56. Análisis de forma y orientación B2	52
Figura 57. Análisis de forma y orientación B3	53
Figura 58. Análisis de forma y orientación B4	53
Figura 59. Análisis de forma y orientación C1	54
Figura 60. Análisis de forma y orientación C2.....	54
Figura 61. Análisis de forma y orientación C3	55
Figura 62. Análisis de forma y orientación C4	55
Figura 63. Análisis de llenos y vacíos para patio en C1	56
Figura 64. Análisis de estructura para vivienda en C1	57
Figura 65. Análisis en corte de ventilación en C1	57
Figura 66. Análisis de llenos y vacíos para patio en C2.....	58
Figura 67. Análisis de estructura para vivienda en C2	58
Figura 68. Análisis en corte de ventilación en C2.....	59
Figura 69. Análisis de llenos y vacíos para patio en C3.....	60

Figura 70. Análisis de estructura para vivienda en C3	60
Figura 71. Análisis en corte de ventilación en C3	61
Figura 72. Análisis de llenos y vacíos para patio en C4.....	62
Figura 73. Análisis de estructura para vivienda en C4	62
Figura 74. Análisis en corte de ventilación en C4.....	63
Figura 75. Programa arquitectónico y distribución - Tipo C1	64
Figura 76. Programa arquitectónico y distribución - Tipo C2.....	64
Figura 77. Programa arquitectónico y distribución - Tipo C3	65
Figura 78. Programa arquitectónico y distribución - Tipo C4.....	65
Figura 79. Variación 1 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	66
Figura 80. Variación 2 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	67
Figura 81. Variación 3 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	67
Figura 82. Variación 4 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	68
Figura 83. Variación 5 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	68
Figura 84. Variación 6 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	69
Figura 85. Variación 7 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	69
Figura 86. Variación 8 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	70
Figura 87. Variación 9 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	70
Figura 88. Variación 10 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta.....	71
Figura 89. Primer piso en esquema básico de proyecto	72
Figura 90. Segundo piso en esquema básico de proyecto.....	72
Figura 91. Tercer piso en esquema básico de proyecto.....	73
Figura 92. Cuarto piso en esquema básico de proyecto	73
Figura 93. Corte a viviendas tipo dúplex y terrazas del segundo nivel.....	74
Figura 94. Corte a circulaciones generales del proyecto	74
Figura 95. Corte a patios y terrazas de los diferentes niveles	74
Figura 96. Corte a torre de vivienda y su relación con las terrazas/patios.....	75
Figura 97. Vista isométrica NO	75
Figura 98. Vista isométrica NE	76

Figura 99. Amueblamiento de segundo piso.....	77
Figura 100. Amueblamiento de tercer piso	77
Figura 101. Amueblamiento de cuarto piso.....	78
Figura 102. Corte estructural a fachada lado este.....	78
Figura 103. Corte estructural a fachada lado norte.....	79
Figura 104. Planta de cimentación	80
Figura 105. Cambio estructural en primer piso.....	80
Figura 106. Cambio estructural en segundo piso	81
Figura 107. Cambio estructural en tercer piso.....	81
Figura 108. Cambio estructural en cuarto piso	82
Figura 109. Diseño final de ante-proyecto en primer piso.....	83
Figura 110. Diseño final de ante-proyecto en segundo piso	84
Figura 111. Diseño final de ante-proyecto en tercer piso.....	85
Figura 112. Diseño final de ante-proyecto en cuarto piso	86
Figura 113. Corte transversal a estructura y bioclimática	87
Figura 114. Corte transversal a estructura y bioclimática	87
Figura 115. Plano de redes de servicios en primer piso.....	88
Figura 116. Plano de redes de servicios en segundo piso	88
Figura 117. Plano de redes de servicios en tercer piso	89
Figura 118. Plano de redes de servicios en cuarto piso	89
Figura 119. Análisis de vientos en primera planta – Diseño original	91
Figura 120. Análisis de temperatura en primera planta – Diseño original.....	92
Figura 121. Análisis de vientos en segunda planta – Diseño original	92
Figura 122. Análisis de temperatura en segunda planta – Diseño original	93
Figura 123. Análisis de vientos en tercera planta – Diseño original	93
Figura 124. Análisis de temperatura en tercera planta – Diseño original.....	94
Figura 125. Análisis de vientos en cuarta planta – Diseño original	95
Figura 126. Análisis de temperatura en cuarta planta – Diseño original	95
Figura 127. Análisis de vientos en corte longitudinal – Diseño original.....	96

Figura 128. Análisis de temperatura en corte longitudinal – Diseño original	96
Figura 129. Análisis de vientos en corte longitudinal – Diseño original	97
Figura 130. Análisis de temperatura en corte longitudinal – Diseño original	97
Figura 131. Nuevo diseño vs Diseño original	98
Figura 132. Análisis de vientos en primera planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm	98
Figura 133. Análisis de temperatura en primera planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm	99
Figura 134. Análisis de vientos en segunda planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm	99
Figura 135. Análisis de temperatura en segunda planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm	99
Figura 136. Análisis de vientos en tercera planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm	100
Figura 137. Análisis de temperatura en tercera planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm	100
Figura 138. Análisis de vientos en cuarta planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm	100
Figura 139. Análisis de temperatura en cuarta planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm	101
Figura 140. Diagrama de temperatura general – Nuevo diseño	101
Figura 141. Nuevo diseño vs Diseño convencional	102
Figura 142. Comparación de vientos – Primer piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional	102
Figura 143. Comparación de temperaturas – Primer piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional	103
Figura 144. Comparación de vientos – Segundo piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional	103
Figura 145. Comparación de temperaturas – Segundo piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional	103
Figura 146. Comparación de vientos – Tercer piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional	104
Figura 147. Comparación de temperaturas – Tercer piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional	104
Figura 148. Comparación de vientos – Cuarto piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional	104
Figura 149. Comparación de temperaturas – Cuarto piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional	105

Figura 150. Comparación de vientos – Primer piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional	105
Figura 151. Comparación de temperaturas – Primer piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional	106
Figura 152. Comparación de vientos – Segundo piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional	106
Figura 153. Comparación de temperaturas – Segundo piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional	106
Figura 154. Comparación de vientos – Tercer piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional	107
Figura 155. Comparación de temperaturas – Tercer piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional	107
Figura 156. Comparación de vientos – Cuarto piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional	107
Figura 157. Comparación de temperaturas – Cuarto piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional	108
Figura 158. Comparación de vientos – Primer piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional	109
Figura 159. Comparación de temperaturas – Primer piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional	109
Figura 160. Comparación de vientos – Segundo piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional	109
Figura 161. Comparación de temperaturas – Segundo piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional	110
Figura 162. Comparación de vientos – Tercer piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional	110
Figura 163. Comparación de temperaturas – Tercer piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional	110
Figura 164. Comparación de vientos – Cuarto piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional	111
Figura 165. Comparación de temperaturas – Cuarto piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional	111
Figura 166. Comparación de temperaturas general – Propuesta VS Convencional	111

Figura 167. Primera planta arquitectónica.....	113
Figura 168. Segunda planta arquitectónica	114
Figura 169. Tercera planta arquitectónica.....	115
Figura 170. Cuarta planta arquitectónica.....	116
Figura 171. Volumetría general en contexto	117
Figura 172. Explicaciones a la implementación del diseño bioclimático.....	118
Figura 173. Vista peatonal.....	119
Figura 174. Vista satelital a contexto cercano	119
Figura 175. Proyecto implantado en contexto	120
Figura 176. Relación patio-vivienda	121
Figura 177. Composición interna de las viviendas.....	122

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Clasificación climática de Köppen en Colombia	12
Mapa 2. Clasificación climática de Köppen en Colombia	17
Mapa 3. Bioclimática en la ciudad de Villavicencio	27
Mapa 4. Tipologías de vivienda en la ciudad de Villavicencio	29
Mapa 5. Selección de lote dentro de la ciudad de Villavicencio	43
Mapa 6. Perímetro acotado de lote tipo A.....	45
Mapa 7. Perímetro acotado de lote tipo B.....	46
Mapa 8. Perímetro acotado de lote tipo C.....	48

RESUMEN

Este estudio pretende desarrollar un modelo de vivienda multifamiliar en altura que mejore el confort higro-térmico apoyándose en las estrategias de diseño bioclimático dentro de un contexto de una ciudad Colombiana. La aplicación del diseño bioclimático en la construcción mejoraría en gran medida el confort higro-térmico interno en todas las estancias de la edificación, creando ambientes más saludables para sus habitantes.

El proyecto se compone por tres distintas fases, investigación, diseño y finalmente la comprobación. La fase de investigación caracteriza 8 ciudades de Colombia con distintos climas, en el ámbito bioclimático, por medio del uso de la carta bioclimática de Baruch Givoni (1976), y comparando entre las estrategias aplicables de cada localización para determinar el lugar de trabajo. Finalmente, y debido a su clima, se selecciona la ciudad de Villavicencio. Se estudian las diferentes tipologías de vivienda, cómo se han diseñado y construido a través del tiempo, usos, alturas y un análisis de edificios que apliquen el diseño bioclimático en el contexto.

La fase de diseño desarrolla una propuesta de un modelo de vivienda multifamiliar en altura, en donde los aspectos climáticos de su entorno son de suma importancia. El diseño genera un contraste con lo evidenciado en las viviendas convencionales de la localización, teniendo como eje jerárquico la organización por patios, y una composición llena de vacíos, captando una adecuada ventilación e iluminación dentro del espacio reducido del contexto “no ideal”.

La fase de comprobación realiza una simulación CFD o análisis de dinámica de fluidos computacional, entre el diseño propuesto vs un diseño de vivienda convencional. Comprobando que la sensación higro-térmica de los espacios internos del diseño propuesto es mejor, manteniéndose confortable en cualquier hora del día, sin la necesidad de utilizar elementos de ventilación mecánica que afecten la salud de las personas que lo habiten.

La pertinencia de este proyecto radica en empezar a preocuparnos por la salud y el bienestar de los habitantes de las edificaciones. Este proyecto demuestra que el diseño bioclimático se puede aplicar hasta en los entornos más complicados de resolver. Tomando el vacío como un elemento fundamental, el cual rompe la dinámica de volúmenes robustos y el exceso de construcción en las manzanas, creando espacios saludables para las personas tanto en exteriores como en interiores.

PALABRAS CLAVE: Diseño bioclimático, Confort higro-térmico, Vivienda multifamiliar, Análisis computacional.

ABSTRACT

This study aims to develop a model of multifamily high-rise housing that improves the hygro-thermal comfort based on bioclimatic design strategies within a Colombian city context. The application of bioclimatic design in construction would greatly improve the internal hygro-thermal comfort in all rooms of the building, creating healthier environments for its inhabitants.

The project consists of three distinct phases; research, design and finally, testing. The research phase characterizes 8 cities in Colombia with different climates, in the bioclimatic field, through the use of the bioclimatic chart of Baruch Givoni (1976), and comparing the applicable strategies of each location to determine the place of work. Finally, and due to its climate, the city of Villavicencio was selected. The different housing typologies are studied, how they have been designed and built through time, uses, heights and an analysis of buildings that apply bioclimatic design in the context.

The design phase develops a proposal for a multi-family high-rise housing model, where the climatic aspects of its environment are of the utmost importance. The design is a contrast with what is evidenced in the conventional housing of the location, having as hierarchical axis the organization by patios, and a composition full of voids, capturing adequate ventilation and lighting within the reduced space of the "non-ideal" context.

The verification phase performs a CFD simulation or computational fluid dynamics analysis, between the proposed design vs. a conventional housing design. It was found that the hygro-thermal sensation of the internal spaces of the proposed design is better, remaining comfortable at any time of the day, without the need to use mechanical ventilation elements that affect the health of the people who live in it.

The relevance of this project lies in starting to care about the health and well-being of the inhabitants of the buildings. This project demonstrates that bioclimatic design can be applied even in the most complicated environments. Taking the void as a fundamental element, which breaks the dynamics of robust volumes and the excess of construction in the blocks, creating healthy spaces for people both outdoors and indoors.

KEY WORDS: Bioclimatic design, Hygro-thermal comfort, Multifamily housing, Computational analysis.

I INTRODUCCIÓN

En Colombia no existe una ley que determine las condiciones higro-térmicas al interior de la vivienda, y estas son de vital importancia en la salud de los individuos que según la investigación de Manzano (2015) habitan en al menos un 80% de su tiempo dentro de espacios interiores. Por esa razón este trabajo busca el diseñar un modelo de vivienda en base a las estrategias de diseño bioclimático, para alcanzar espacios higro-térmicamente confortables y saludables. Además de ofrecer una caracterización de las ciudades de Colombia a través de la bioclimática, acompañado de un análisis de las características de diseño de las viviendas existentes en términos de las condiciones higro-térmicas internas, y finalmente cuales y como se aplicarían las estrategias de diseño bioclimático según su contexto, en un entorno no “ideal” como lo es un edificio de vivienda multifamiliar en el interior de la ciudad.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Colombia no cuenta con normas de diseño que se preocupen por la calidad higro-térmica de los lugares que habitan las personas, por esto se diseña sin tener en consideración los conceptos bioclimáticos, llegando a la generación de espacios poco confortables y a su vez poco salubres para los individuos. Además, las estrategias de diseño bioclimático para alcanzar el confort higro-térmico en los interiores de las edificaciones, planteadas en el libro “Man, Climate & Architecture” de Baruch Givoni, normalmente son aplicadas a casos de estudio que se pueden considerar “ideales”, por esto el trabajo busca plantear el cómo afectarían estas estrategias en los entornos “no ideales” de las ciudades de Colombia. Llegando a la pregunta clave de la investigación:

¿Cómo mejorar el confort higro-térmico a través del diseño bioclimático dentro de las viviendas multifamiliares en altura en una ciudad de Colombia?

2.2 JUSTIFICACIÓN

La vivienda actual en Colombia no cuenta con reglamentos que exijan el diseño de un adecuado confort higro-térmico, ya que se dice que Colombia es un “paraíso tropical” y no es necesario este tipo de normativa; lo que conlleva a la creación de espacios donde, en los climas fríos las personas no se quitan las chaquetas o necesitan de usar sudaderas debido al frío en los espacios interiores, a su vez el diseño de vivienda en climas cálidos dan a lugar al excesivo uso de la climatización mecánica como lo son los aires acondicionados y por ende al aumento del consumo energético. Todo esto repercute en la salud de las personas que los habitan, cambios radicales en las temperaturas del cuerpo generan problemas en el sistema respiratorio y/o sistema nervioso de los individuos; por esto el trabajo plantea el uso de estrategias de climatización pasiva en el interior de las viviendas.

Pero con esto surge otra problemática, la mayoría de estudios de caso acerca del diseño bioclimático se desarrollan en contextos “ideales”; ¿Qué quiere decir esto? Se trata de construcciones unifamiliares de baja altura, ubicadas en localizaciones lejanas del resto de la ciudad en donde se puede aprovechar la ventilación no residual, la orientación adecuada para la captación de la radiación solar, y entre otras estrategias que componen el diseño bioclimático. Entonces se plantea; ¿Cómo aplicarían estas estrategias para alcanzar el confort higro-térmico en los contextos no “ideales” de Colombia? Los cuales son ambientes rodeados de edificaciones vecinas, donde la orientación se ve determinada por las mallas viales existentes, y en las que cada una de las viviendas que componen el edificio en altura tendrán diferentes estímulos tanto internos, como externos (Usos internos de la

vivienda, cantidad de radiación solar por hora, fuerza y dirección de los vientos, entre otras).

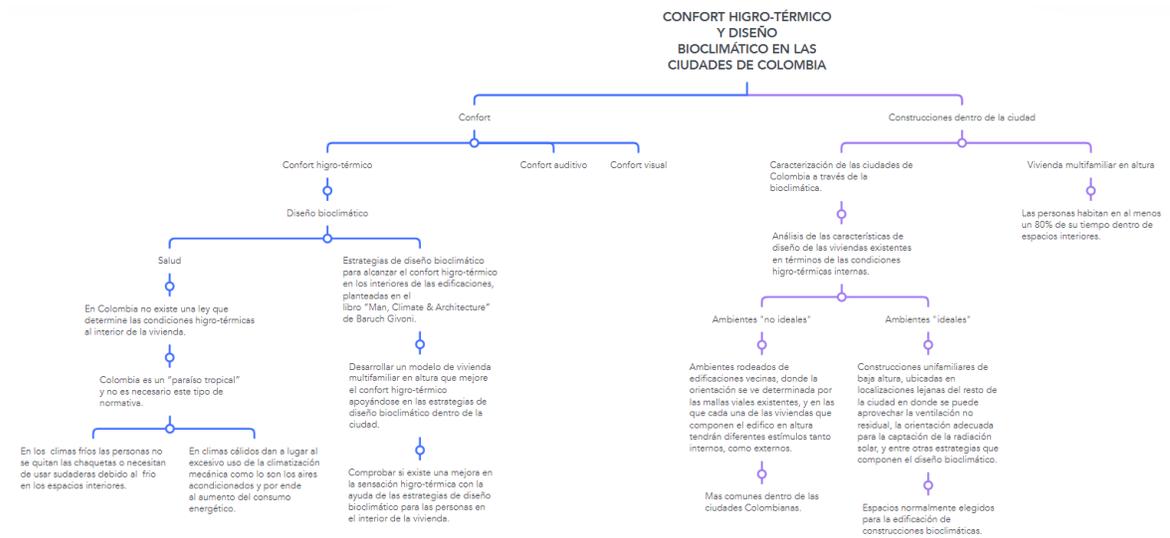


Figura 1. Diagrama de problemática

Fuente: Elaboración propia

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de vivienda multifamiliar en altura que mejore el confort higro-térmico apoyándose en las estrategias de diseño bioclimático dentro de la ciudad de Villavicencio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar una caracterización de las ciudades de Colombia a través de las estrategias de diseño bioclimático.

Analizar las características del diseño en términos de confort higro-térmico de las viviendas existentes en la ciudad de Villavicencio.

Diseñar un modelo de vivienda multifamiliar en altura con la aplicación de las estrategias de diseño bioclimático.

Comprobar si existe una mejora en la sensación higro-térmica con la ayuda de las estrategias de diseño bioclimático para las personas en el interior de la vivienda.

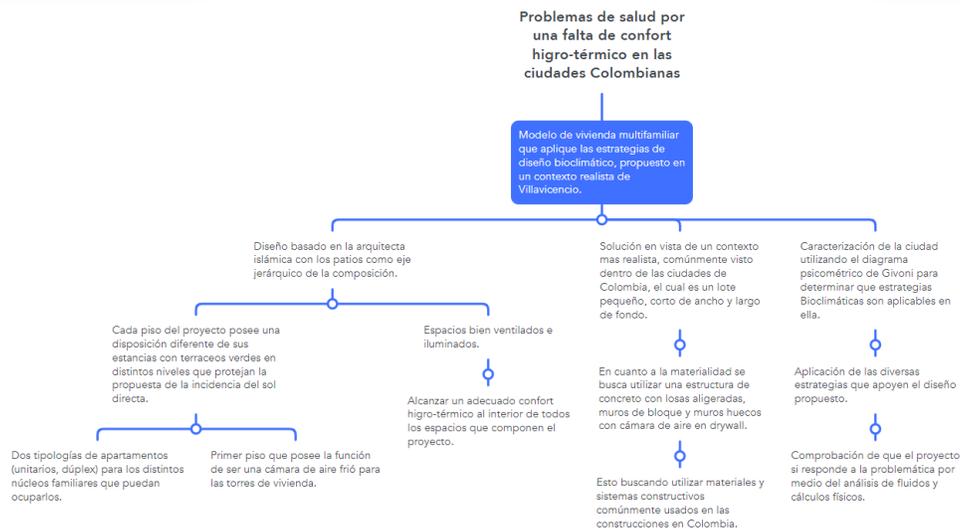


Figura 2. Diagrama de propuesta

Fuente: Elaboración propia

4 MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO CONCEPTUAL

¿Qué es el confort? ¿Por qué es tan importante dentro de la arquitectura?

Las personas como organismos vivos cuentan con una gran cantidad de «bio-sensores» que provocan reacciones en ellas, de acuerdo a estímulos tanto internos como externos. Lo que se podría denominar confort depende de la calidad de estos estímulos, que no siempre son percibidos por los sentidos, pero inciden de manera importante en la salud del individuo. El confort en términos de la arquitectura se determina por los factores que hacen a los espacios habitables y esto se relaciona directamente con el bienestar de las personas. (Martínez, 2019)

¿Qué es el confort higro-térmico?

Este normalmente se refiere a la percepción de la temperatura en el ambiente, la cual es sentida de forma distinta por cada individuo y se ve afectada por distintos factores del entorno. En la arquitectura es posible modificar las sensaciones de los habitantes por medio de distintas estrategias aplicadas en la construcción de los edificios. (Izard, 1980)

¿Cómo el confort higro-térmico se traduce en salud?

El confort higro-térmico pasa a ser un punto esencial en la salud de las personas ya que se pueden producir problemas patológicos (Enfermedades físicas y/o mentales) principalmente en el cuadro respiratorio y el sistema nervioso debido a cambios térmicos drásticos en los entornos habitables. (Harvell, 2019)

¿Qué es bioclimática?

La bioclimática es el diseño de edificios en donde se le da suma importancia al contexto y clima en el que se ubica, el principio de esto es proporcionar confort térmico teniendo en cuenta las condiciones climáticas y aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos), con esto se busca disminuir los impactos ambientales de la construcción, y a su vez reducir los consumos de energía. Uno de los principales objetivos de la bioclimática es la creación de espacios saludables y confortables para los habitantes. (Sánchez, 2019)

¿De dónde surge el concepto de la bioclimática?

Desde el principio el hombre vio la importancia de los espacios construidos en armonía con los ambientes que les rodean. El filósofo griego Sócrates, (470 a 399 a. C.), planteaba conceptos de la orientación de las casas de acuerdo al movimiento del sol, lo que fue una base de la arquitectura en la antigua Grecia. Vitruvio (80 a 15 a. C.) en sus “Diez Libros de Arquitectura” refleja la importancia de la arquitectura con energía solar pasiva y la relación

de las edificaciones con el clima. En el siglo XX, el arquitecto Victor Olgay, es considerado como uno de los precursores del “bioclimatismo”, autor de varias obras en donde se menciona la relación entre un edificio y el medio natural que lo rodea, así como la estrecha dependencia entre el ser humano y el clima. (Martínez, 2022)

4.1.1 IMPORTANCIA DEL CLIMA EN LA ARQUITECTURA

El clima se puede entender como la preexistencia del contexto en donde se implanta la obra arquitectónica, este es una variable que actúa directamente sobre el edificio, y determina las condiciones de los habitantes de este. Gracias a esto se puede concluir que el clima juega un papel fundamental ya que ejerce estímulos en las personas y afecta tanto sus actividades, como en su salud, también afectando el entorno cercano y los materiales utilizados en la edificación. Directamente relacionado a esto, la arquitectura también incide en las características del microclima de la ubicación, un buen o mal manejo de la planificación y construcción del edificio afecta tanto positivamente, como negativamente el entorno. Actualmente las urbanizaciones y el crecimiento agresivo de las ciudades desequilibran el ambiente natural, por esto se recomienda buscar alternativas constructivas más pasivas. (Simancas, 2003)

4.2 ESTADO DEL ARTE

4.2.1 EL DIAGRAMA PSICOMÉTRICO DE GIVONI EN LA BIOCLIMÁTICA

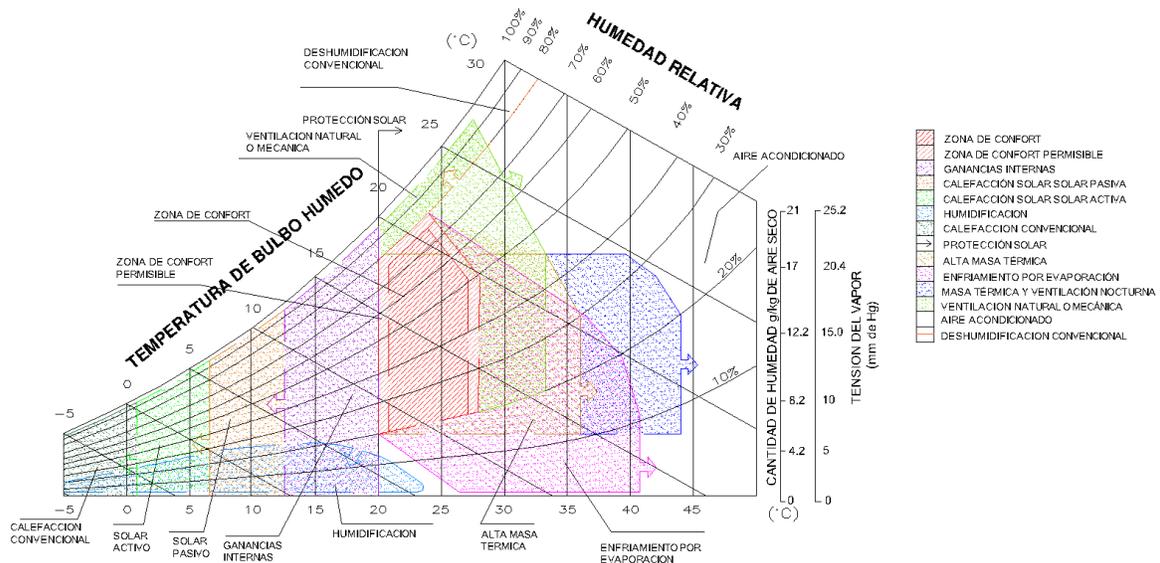


Figura 3. Diagrama psicrométrico de Givoni

Fuente: Rediseño del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Givoni (1976) plantea el cómo afecta la propia edificación a sus ambientes internos, el edificio contiene y protege al hombre y sus actividades, este interpone a los estímulos externos y se ve afectado por los internos; gracias a esto plantea una serie de estrategias para el diseño de los edificios, expuestas por medio de un gráfico psicométrico regido por la humedad relativa y la temperatura del contexto, que ofrecen respuestas y permitan alcanzar la zona de bienestar térmico interno.

Baruch Givoni explica su teoría de la bioclimática por medio de 12 estrategias de diseño aplicables en la construcción de edificaciones, estas estrategias son:

Las ganancias internas, en las que alcanzar el confort requiere el habitar los espacios ya sea sentarse o moverse por él se libera el calor necesario; la calefacción solar pasiva, está aprovecha la radiación solar directa o indirecta para alcanzar el confort; la calefacción solar activa, utiliza el mismo principio que la anterior pero este calor se ve potenciado con ayuda de mecanismos cómo lo pueden ser reflectores; la humidificación, es donde se necesita aumentar la humedad relativa en un espacio; la calefacción convencional utiliza instrumentos de producción de calor; la protección solar, busca evitar que la radiación incida directamente en la edificación; la alta masa térmica, se usan muros gruesos que impidan o retrasen el ingreso de la radiación del exterior; el enfriamiento por evaporación, busca además de humidificar el espacio, reducir su temperatura; la masa térmica y ventilación nocturna, donde se usan aperturas en los muros gruesos para que al caer la noche el viento pueda ingresar; la des-humidificación, cómo su nombre lo dice busca reducir la humedad de un espacio; la ventilación natural, hace uso del viento exterior para renovar el interno y eliminar a su paso el aire caliente; finalmente el aire acondicionado que aunque no es propiamente una estrategia bioclimática, este puede ser integrado al sistema de ventilación natural para fortalecerlo y conseguir una mejor sensación térmica. (Givoni, 1976)

4.3 CONTEXTO ACTUAL

4.3.1 *BIOCLIMÁTICA EN LA ACTUALIDAD*

En la actualidad lo que se entiende por bioclimática, es el diseño eficiente de edificaciones que consiguen el confort interior, con un gasto mínimo energético. Este se basa en los sistemas tradicionales de la construcción adaptados a la actualidad, estos apoyados con herramientas tecnológicas y que pueden llegar a ser totalmente sostenibles, lo cual puede conllevar al aumento del coste de la edificación, pero es demostrable que a futuro se vuelve rentable en su valor costo-beneficio. (Sostenibilidad, 2019)

Lo denominado arquitectura bioclimática actual se da gracias a la necesidad de mejorar todo el ciclo de vida de los edificios, comprendiendo el período desde su diseño y construcción, hasta los usos que tiene cuando se habite en ellos. Esto a su vez surge del impacto ambiental generado por las urbanizaciones, en donde más del 40% de las emisiones de dióxido de carbono y del consumo de energías no renovables, proviene de los modelos actuales de vivienda, y el diseño arquitectónico se convierte en una herramienta clave para la mejora en la calidad de vida y la salud de las personas. (Federovisky, 2019)

4.3.2 LA FALTA DE NORMATIVA/ESTUDIOS/INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN COLOMBIA

En Colombia existen pocas políticas públicas acerca de la construcción sostenible en el país y como implementarlo en los contextos locales, estás buscando dar respuesta a problemáticas ambientales en conjunto al uso eficiente de la energía y sus alternativas renovables. Estas políticas se encuentran en:

- La guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones – Ofrece ciertas pautas para el uso de la ventilación natural y la orientación de las edificaciones, enfocándose sobre todo en las aguas y energías renovables.
- El sello ambiental colombiano para edificaciones sostenibles – En el se establecen criterios ambientales para diseño y construcción de edificaciones sostenibles con uso diferente a vivienda.

Y en entidades como:

- Consejo colombiano de construcción sostenible (CCCS)

En caso contrario entidades como:

- La cámara colombiana de la construcción (CAMACOL) – No posee artículos o normas que hablen o que exijan el adecuado confort higro-térmico en los espacios de vivienda. Solo se encontró un anexo de construcción sostenible que se centra en reducir el consumo de agua y energía.

Pero en las normas técnicas Colombianas para la construcción de edificaciones, no existe como tal una normativa enfocada en la sensación higro-térmica que exija la calidad higro-térmica de los espacios internos, ya que no se ve necesario incluirla por el pensamiento de que las condiciones climáticas de Colombia son “perfectas”; gracias a esto todos los estudios de caso acerca de la temática, ofrecen repeticiones de normas genéricas internacionales como la ISO 7730 del 2006, la cual postula un análisis de la sensación térmica y del grado de incomodidad de los individuos en ambientes térmicos moderados.

Conllevando a que el diseño actual de los edificios en Colombia, no contemple la aplicación de estrategias bioclimáticas que mejoren la calidad de los espacios interiores, volviendo a las urbanizaciones repeticiones de un mismo modelo incómodo y poco saludable para sus habitantes. En caso contrario, pocos estudios dirigidos al tema llegan a la comprobación por medio de datos y análisis de los resultados que confirmen que los modelos planteados sean realmente confortables, lo que genera escasas de información en el ámbito Colombiano.

4.4 ESTUDIOS DE CASO

Estudio de caso 1:

Confort térmico en vivienda social multifamiliar de clima cálido en Colombia por Castañeda, Czajkowski y Gómez en 2021, en el trabajo desarrollado se analizó el consumo energético residencial en Colombia el cual se incrementó en un 30 % entre 2010 y 2018, esto debido, en parte, al gasto de la climatización activa de viviendas de interés social (VIS). Investigaciones sobre estas viviendas unifamiliares reportaron temperaturas muy altas en el interior de las edificaciones en los climas cálidos. “Los resultados del estudio indicaron insatisfacción térmica por exceso de calor en horas diurnas. Se evidenció la ausencia de protección solar en vanos, y los altos valores de temperatura del aire y de la media radiante indicaron que el aislamiento térmico de la envolvente vertical de estas edificaciones es insuficiente para brindar confort térmico. Se proponen mejoras pasivas para mejorar la habitabilidad de estas viviendas y su inclusión obligatoria en el reglamento, para reducir el consumo energético y su impacto ambiental”. (Castañeda, 2021)

A través del trabajo desarrollado se concluye la principal causa de los altos niveles de insatisfacción en la sensación térmica de los individuos habitantes de las VIS multifamiliares, no es la falta de recursos económicos, sino la falta de innovación y aplicación de los conocimientos de bioclimática. El estudio evidencia que las viviendas sociales colombianas en climas cálidos requieren mejorar el nivel de confort térmico, el cual garantice la salud en sus espacios habitables. Y se llega a la conclusión de que las mejores soluciones son las estrategias de enfriamiento pasivo, esto visto desde los puntos de vista económicos y sostenibles, como podrían ser la ventilación natural cruzada, la protección solar a elementos de cerramiento que reduzcan transmisión térmica de la radiación exterior a la interior. (Castañeda, 2021)

Estudio de caso 2:

Aplicación de sistemas de ventilación natural para el confort térmico de las habitaciones en un conjunto de viviendas multifamiliares en el distrito de Pichanaki por Lozano en el 2010, el trabajo es un estudio acerca de la calidad del confort térmico en el interior de las

viviendas multifamiliares, la función que cumple la ventilación natural que proviene de los vanos, y el desempeño de estos como reguladores del viento al interior de las viviendas. El distrito de Pichanaki posee características climáticas de la amazonia peruana, con altos grados de humedad y temperaturas que sobrepasan los 30°C. (Lozano, 2010)

A través del trabajo realizado se concluye que la ventilación natural es uno de los componentes externos que más incide en el confort térmico, esto se determinó por análisis a diferentes variables como lo son: la humedad relativa, la temperatura, la velocidad del viento, la orientación y forma del edificio, centrándose principalmente en la ventanearía, donde normalmente regula el aire que ingresa al interior de las viviendas. El proyecto planteado el cual es una vivienda multifamiliar también busca resolver el déficit de vivienda proponiendo el crecimiento vertical, con lo que se trata de mitigar el crecimiento horizontal que tiene actualmente el contexto donde se desarrolla, esto en conjunto a sistemas de ventilación natural como la ventilación cruzada, el efecto chimenea y el sistema de teatinas, las cuales son rejillas ubicadas en puntos altos de la vivienda donde pueda hacer ingreso el aire. Todo esto para alcanzar un confort térmico al interior de los hogares. (Lozano, 2010)

Estudio de caso 3:



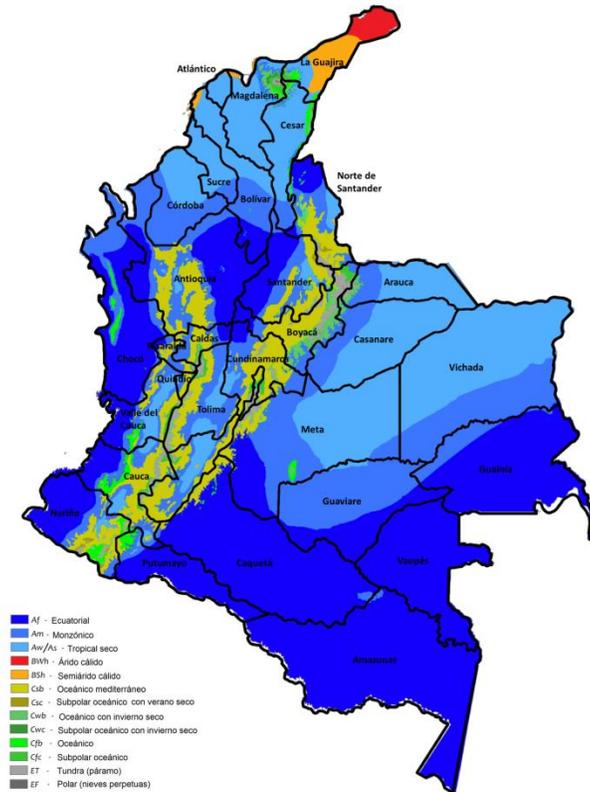
Figura 4. Construcción finalizada del prototipo en físico

Fuente: Bruno Dueñas Cervantes

Propuesta de vivienda sostenible utilizando concreto con fibras PET en un sistema de albañilería confinada y trombe a fin de mejorar el confort térmico en la sierra semi urbana por Bruno Dueñas Cervantes en 2020, En este estudio se desarrolla una investigación de la influencia del tereftalato de polietileno (PET), que al ser incluido en una mezcla de

concreto, se pueda lograr una mejora del confort térmico en la construcción de una vivienda. Se buscó un tipo de inclusión del PET que permita la mejora del aislamiento térmico sin dejar de cumplir las restricciones estructurales. Para esto se verificó que los resultados de la técnica empleada permitieron una mejora considerable en la eficiencia térmica del prototipo a partir de la comparación de los datos de la sensación térmica obtenidos entre la propuesta con viviendas existentes en la ubicación. (Dueñas, 2020)

4.5 CLIMAS DE COLOMBIA



Mapa 1. Clasificación climática de Köppen en Colombia

Fuente: Wikimedia Commons

Colombia cuenta con una gran variedad de climas que van desde climas tropicales a polares en altura, pero con una ausencia de climas continentales, debido a encontrarse dentro de la zona intertropical. Estos pueden ser divididos en 4 tipos diferentes los cuales son:

I. Clima tropical – Piso térmico cálido.

I.1. Clima ecuatorial – 25% - Clima con precipitaciones constantes, donde no existe una estación seca, precipitaciones superiores a 2500mm, y temperaturas medias mensuales por encima de los 23 °C todo el año. Su altitud no suele superar los 1.000m s. n. m.

I.2. Clima monzónico – 18% - Clima con temperaturas medias superiores a 18 °C, con precipitaciones anuales entre 2000mm y 6000mm, y con algún mes debajo de los 100mm, se ubica en altitud no superior a los 1.500m s. n. m.

I.3. Clima tropical de sabana – 18% - Clima con estación seca muy marcada, con estación lluviosa fuerte pero corta, que coincide con los meses más cálidos. Sus

temperaturas son superiores a los 24 °C, precipitaciones entre los 700mm y 2000mm. De altitudes inferiores a los 1.000m s. n. m.

2. Clima seco – Piso térmico cálido.
 - 2.1. Clima semiárido tropical – 4% - Clima con altitud inferior a 1.000m s. n. m., escasas lluvias, en una estación húmeda poco marcada y corta, las temperaturas superan los 25 °C y se presenta una alta radiación solar. Las precipitaciones son menores a los 700mm.
 - 2.2. Clima árido tropical – 1% - Clima que solo puede encontrarse en la Alta Guajira a altitudes menores a 1.000m s. n. m., con temperaturas altas superiores a 28 °C, precipitaciones muy escasas, inferiores a los 400mm.
3. Clima templado en altitud – Piso térmico templado.
 - 3.1. Clima templado húmedo de montaña – 8% - Clima que se caracteriza por temperaturas medias entre los 10 °C y los 20 °C, con precipitaciones entre los 1.000mm y 3.000mm. Se ubican en ciertas zonas de la Región Andina entre los 1.500m s. n. m. y 3.500m s. n. m.
 - 3.2. Clima ecuatorial de montaña – 22% - Se ubica dentro del piso térmico frío y templado, entre los 1.500m s. n. m. y 3.000m s. n. m., temperaturas entre los 12 °C y 20 °C. Se caracteriza porque sus estaciones secas coinciden con los meses más cálidos y soleados, mientras las temporadas de lluvias presentan temperaturas variables.
4. Clima polar en altura
 - 4.1. Clima de tundra alpina – 0.05% - Climas que se dan en los páramos en las zonas a más de 3.000m s. n. m. de altitud de todos los sistemas montañosos del país, temperaturas inferiores a los 10 °C y precipitaciones que oscilan entre 800mm y 2000mm.
 - 4.2. Clima gélido de altura o nival – 0.001% - Clima encontrado en las cumbres de los picos nevados del país, a más de 4.500m s. n. m., temperaturas heladas inferiores a 0 °C, y precipitaciones escasas, con vegetación inexistente.

(DBcity, 2023)

4.5.1 FACTORES SOCIO-CULTURALES Y SU RELACIÓN CON LA FORMA DE LA VIVIENDA

La forma de una vivienda no es solamente el resultado de factores físicos, es la consecuencia de rasgos socio-culturales, que comprenden desde cuestiones religiosas, estructuras familiares y las propias relaciones sociales del individuo. Esto explica el por qué en una cultura un aspecto de forma puede ser considerado más importante que otro. Las viviendas otorgan visibilidad a diferentes aspectos de la vida de quienes las habitan, además de su modo de percibir la realidad, y esta forma a su vez se ve modificada por condiciones climáticas que facilitan o dificultan la implementación de ciertas tecnologías, métodos constructivos y/o materiales disponibles.

En esta interpretación dada por Rapoport (1972) en su libro “Vivienda y Cultura” el concepto que le da forma al hogar no es tomado como algo meramente físico, sino como la organización específica de los espacios influenciados por nuestras actividades diarias que buscan alcanzar un ambiente ideal para habitar. Esta simbología de la casa se ve más fuertemente representada si tomamos de ejemplo a un inmigrante, el cual trae consigo las formas de hogar de su lugar natal e insiste en aplicarlas en la nueva zona donde reside aunque frecuentemente no sea adecuado para este.

“Se puede decir que la forma de la vivienda es el resultado de una elección entre las posibilidades existentes, cuanto mayor es el número de posibilidades, más amplia es la elección, pero que esta nunca es inevitable por que el hombre puede vivir en muchos tipos de estructuras”. (Rapoport, 1972)

Otro aspecto importante en esta revisión acerca de la cultura y su relación con la forma de la vivienda se encuentra la utilidad de la edificación, en la que se destaca la protección que ofrece el hogar como una necesidad básica a alcanzar, pero del mismo modo otro tipo de cultura puede priorizar la religión, otra el confort y demás. Pero Rapoport (1972) lista ciertos aspectos importantes que afectan la forma en que se edifica, estos son:

- Las necesidades básicas.
- La familia.
- La situación de las mujeres.
- La privacidad.
- La comunicación social.

4.5.2 EL CLIMA COMO UN FACTOR MODIFICANTE PERO NO DETERMINANTE

La localización y por ende la naturaleza es un rasgo importante en la creación y diseño de la vivienda, la relación entre hombre-paisaje es lo primero a considerar. La relación entre hombre-naturaleza se adopta 3 formas:

- Religiosa-Cosmológica: El entorno es considerado como dominante y el hombre es menos que la naturaleza.
- Simbiótica: El hombre y la naturaleza están en un estado de equilibrio, el hombre se considera responsable de la naturaleza y está a su vez hace de guardián para él.
- Explotadora: El hombre completa y modifica la naturaleza, después crea y finalmente destruye el entorno.

El clima es uno de los aspectos importantes que generan y tienen grandes efectos en la forma de las edificaciones, esto principalmente por que en ciertos casos el hombre no puede dominar la naturaleza y le toca adaptarse a ella para sobrevivir. A pesar de esto se tiene la tendencia a ignorar el clima ya que normalmente las soluciones de confort en este ejemplo térmico es utilizar aires acondicionados que en ciertos casos exceden por mucho el coste energético. La falta de excesiva tecnología apoya a la generación de soluciones eficaces en colaboración con la naturaleza.

Tomando la vivienda como una protección frente a las condiciones exteriores, cuanto más extremas sean las condiciones climáticas, más limitada será la forma de la edificación en respuesta a estas. Pero en estas difíciles condiciones las personas aprenden de forma más detallada la manera de cómo construir, técnicas, materiales y el propio microclima donde habitan. Todas las soluciones y diversos diseños de vivienda van fuertemente ligados a la definición de confort de cada cultura y no se trata de soluciones individuales, si no de soluciones para todo un grupo de personas que dan respuesta a las características de su región (clima, microclima, materiales de la zona y topografía).

5 METODOLOGÍA

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA BIOCLIMÁTICA EN COLOMBIA POR EL USO DEL DIAGRAMA DE GIVONI

Para caracterizar las ciudades de Colombia en el ámbito bioclimático, se va a hacer uso de la carta bioclimática de Baruch Givoni (1976), primeramente se buscara las temperaturas y humedades máximas y mínimas de una serie de ciudades elegidas, con lo que se posicionara un polígono que agrupe las diferentes estrategias aplicables en cada contexto de acuerdo al área que ocupe, explicando a su vez el clima de las diferentes regiones y por qué aplicarían cada una de estas herramientas. Finalmente se desarrollara una tabla de comparación entre las estrategias aplicables de cada localización para determinar el lugar de trabajo donde plantear la propuesta de vivienda.

5.2 ANÁLISIS DE VIVIENDA EXISTENTE

De acuerdo a la ciudad seleccionada se revisara el contexto local, haciendo especial énfasis en las diferentes tipologías de vivienda y como es la sensación térmica de sus habitantes, en el cómo se han diseñado y construido a través del tiempo, sus usos y alturas, los proyectos urbanísticos de vivienda planteados a futuro, y si actualmente existen edificios que apliquen las herramientas de diseño para alcanzar el confort térmico. Esto con el objetivo de verificar la pertinencia de la implantación del proyecto y donde ubicarlo.

5.3 DESARROLLO DE PROYECTO BIOCLIMÁTICO EN UNA CIUDAD COLOMBIANA

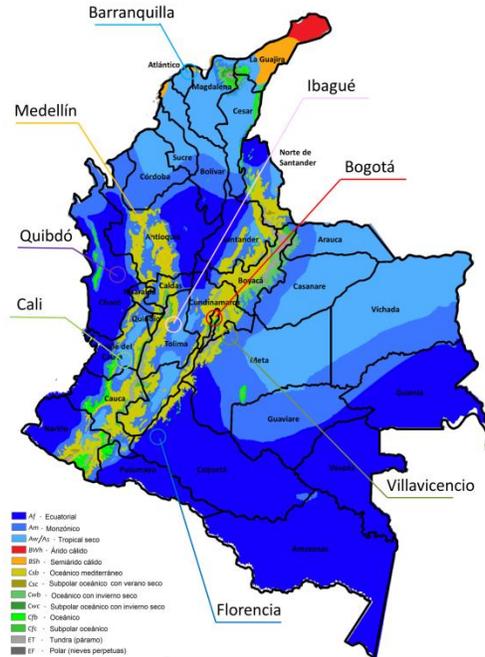
Se desarrollara una propuesta de un modelo de vivienda multifamiliar y en altura en donde los aspectos climáticos de su entorno sean de suma importancia, utilizando a su vez los resultados de la caracterización bioclimática para dar ejemplos y referencias de cómo se aplicarían las estrategias de diseño bioclimático en el contexto “no ideal” de una ciudad Colombiana.

5.4 COMPROBAR SI EXISTE UNA MEJORA EN LA SENSACIÓN HIGRO-TÉRMICA

Se piensa realizar una simulación CFD o análisis de dinámica de fluidos computacional, para comprobar la sensación higo-térmica de los espacios internos del diseño propuesto, comparándolo con un diseño de vivienda convencional, y buscando demostrar que el planteamiento del proyecto es adecuado y funcional.

6 DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 BIOCLIMÁTICA EN COLOMBIA



Mapa 2. Clasificación climática de Köppen en Colombia

Fuente: Wikimedia Commons

Para delimitar la ubicación de la propuesta se seleccionaron 8 ciudades de Colombia en dónde se pudiera apreciar una variación climática de acuerdo al mapa de la clasificación climática de Köppen y revisando sus temperaturas y humedades máximas y mínimas, se generó una tabla que las lista.

Ciudad	°C Min	°C Max	H Min	H Max
Bogotá	7°C	19°C	0,78	0,87
Medellin	16°C	26°C	0,62	0,71
Cali	19°C	29°C	0,81	0,86
Barranquilla	24°C	32°C	0,77	0,84
Quibdó	24°C	31°C	0,86	0,88
Villavicencio	20°C	32°C	0,67	0,83
Ibagué	17°C	28°C	0,58	0,72
Florencia	22°C	31°C	0,75	0,87

Tabla 1. Tabla de temperaturas y humedades máximas y mínimas

Fuente: Elaboración propia

6.1.1 ANÁLISIS DE LA BIOCLIMÁTICA EN COLOMBIA A TRAVÉS DEL DIAGRAMA PSICOMÉTRICO DE GIVONI

Tipo de clima – Clima templado en altitud (Clima ecuatorial de montaña).

GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE GIVONI
BOGOTÁ

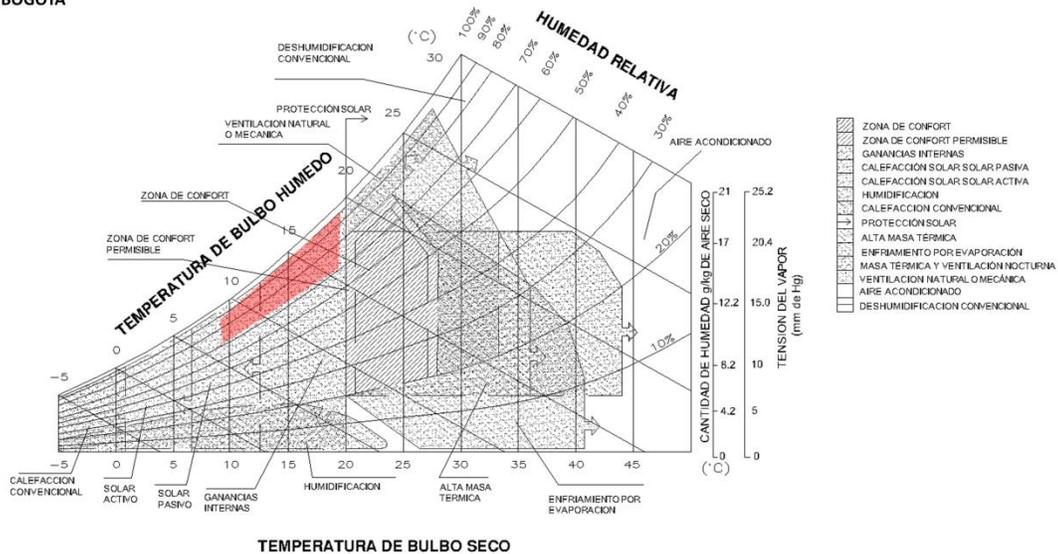


Figura 5. Diagrama con polígono de la ciudad de Bogotá

Fuente: Elaboración propia con base del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Estrategias aplicables / Ciudad	Bogotá
Ganancias internas	
Calefacción solar pasiva	
Calefacción solar activa	
Humidificación	
Calefacción convencional	
Protección solar	
Alta masa térmica	
Enfriamiento por evaporación	
Masa térmica y ventilación nocturna	
Ventilación natural o mecánica	
Aire acondicionado	
Deshumidificación convencional	

Tabla 2. Tabla de estrategias aplicables en Bogotá

Fuente: Elaboración propia

El polígono de Bogotá solo aplica a tres estrategias de diseño bioclimático para alcanzar el confort térmico, las temperaturas regularmente oscilan entre los 5 y 19 °C, con una media anual de 13 °C, por esto los usos internos sumados a un adecuado sistema de captación solar son suficientes para generar una buena sensación térmica. Pero debido a la alta radiación solar de la ubicación, es necesario acompañar este sistema de captación con protecciones que impidan el total de su ingreso.

Tipo de clima – Clima tropical (Clima ecuatorial).

GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE GIVONI
MEDELLÍN

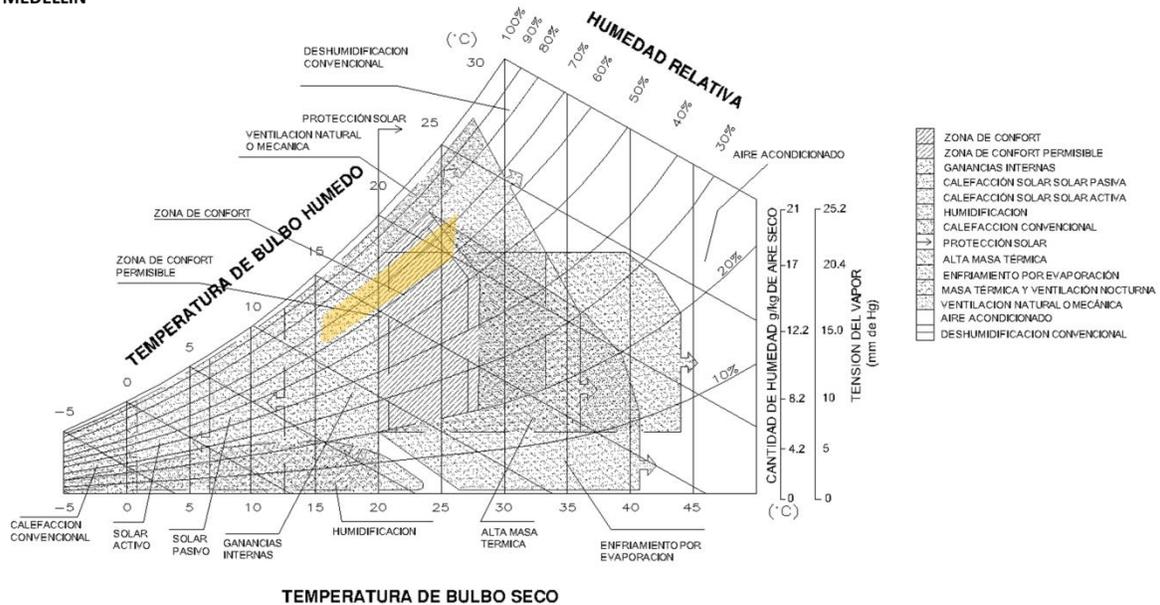


Figura 6. Diagrama con polígono de la ciudad de Medellín

Fuente: Elaboración propia con base del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Estrategias aplicables / Ciudad	Medellín
Ganancias internas	
Calefacción solar pasiva	
Calefacción solar activa	
Humidificación	
Calefacción convencional	
Protección solar	
Alta masa térmica	
Enfriamiento por evaporación	
Masa térmica y ventilación nocturna	
Ventilación natural o mecánica	
Aire acondicionado	
Deshumidificación convencional	

Tabla 3. Tabla de estrategias aplicables en Medellín

Fuente: Elaboración propia

En la ciudad de Medellín el clima es templado y poco húmedo, las temperaturas no son muy altas con una temperatura promedio de 21,6 °C. En los días soleados a mediodía las temperaturas pueden llegar hasta los 30 °C, por esto se busca retrasar el ingreso de la radiación por medio de la alta masa térmica o refrescar el ambiente con ayuda de la evaporación. Los días son parcialmente nublados, lo que genera que la tasa de insolación sea relativamente baja pero aun así es necesario protegerse de la radiación solar directa, y por su ubicación entre montañas, posee vientos suaves y constantes que facilitan el uso de la ventilación natural en los espacios.

Tipo de clima – Clima tropical (Clima tropical de sabana).

GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE GIVONI
CALI

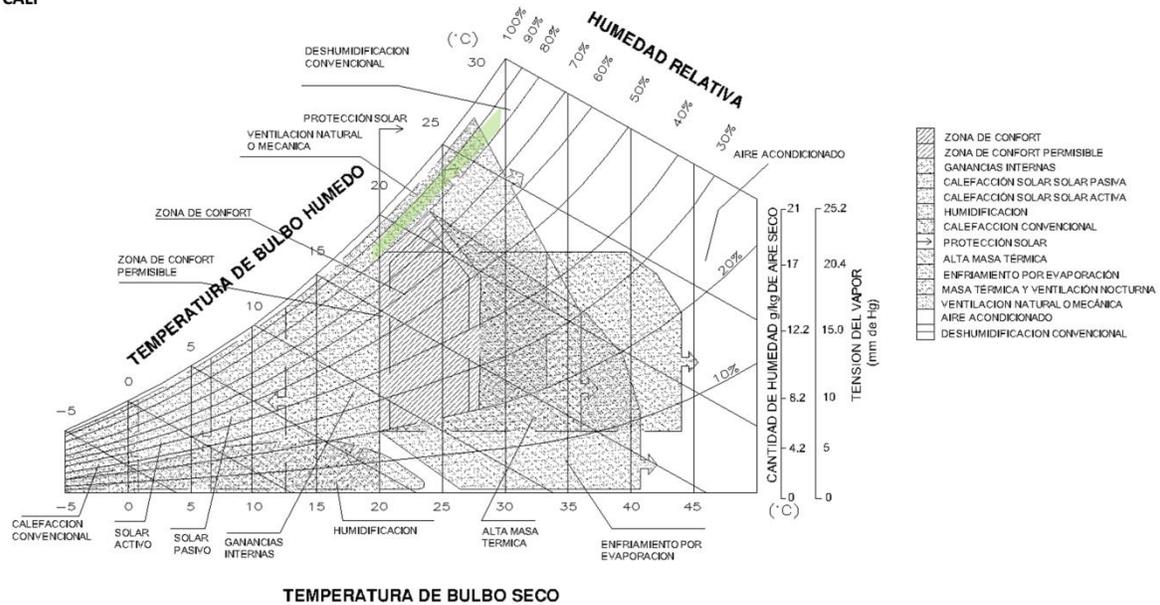


Figura 7. Diagrama con polígono de la ciudad de Cali

Fuente: Elaboración propia con base del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Estrategias aplicables / Ciudad	Cali
Ganancias internas	
Calefacción solar pasiva	
Calefacción solar activa	
Humidificación	
Calefacción convencional	
Protección solar	
Alta masa térmica	
Enfriamiento por evaporación	
Masa térmica y ventilación nocturna	
Ventilación natural o mecánica	
Aire acondicionado	
Deshumidificación convencional	

Tabla 4. Tabla de estrategias aplicables en Cali

Fuente: Elaboración propia

El clima de Cali es cálido y húmedo, la cordillera occidental bloquea los aires húmedos provenientes del océano Pacífico pero aun así la brisa marina llega a la ciudad, por esto puede ser necesario des-humidificar el viento. La temperatura media es de 24.0 °C, la temperatura mínima está entre 17 y 24 °C y la máxima promedio entre 30 y 34 °C, con una alta tasa de radiación solar, lo que hace necesario la protección a esta. Al ser una zona de calor húmedo, es de suma importancia el adecuado uso de la ventilación tanto natural como mecanismos de climatización para hacer de los espacios confortables.

Tipo de clima – Clima tropical (Clima tropical de sabana)

GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE GIVONI
BARRANQUILLA

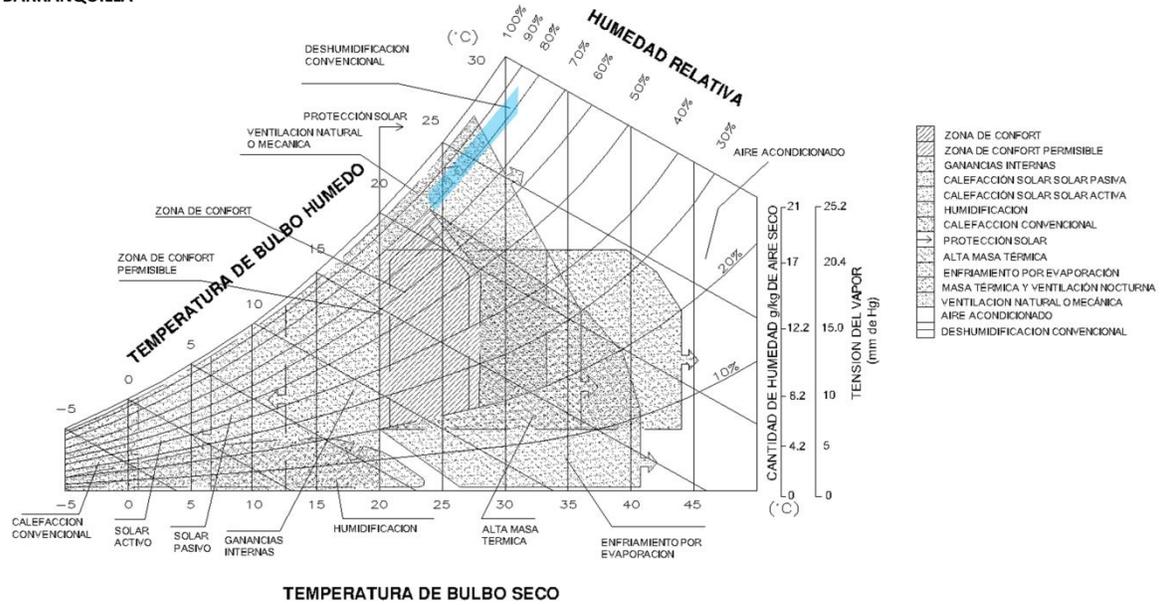


Figura 8. Diagrama con polígono de la ciudad de Barranquilla

Fuente: Elaboración propia con base del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Estrategias aplicables / Ciudad	Barranquilla
Ganancias internas	
Calefacción solar pasiva	
Calefacción solar activa	
Humidificación	
Calefacción convencional	
Protección solar	
Alta masa térmica	
Enfriamiento por evaporación	
Masa térmica y ventilación nocturna	
Ventilación natural o mecánica	
Aire acondicionado	
Deshumidificación convencional	

Tabla 5. Tabla de estrategias aplicables en Barranquilla

Fuente: Elaboración propia

El clima en barranquilla es seco y de altas temperaturas, esto acompañado a grandes tasas de insolación, lo que vuelve una necesidad la protección de las superficies por las que pueda hacer ingreso. Su cercanía al mar va de la mano a vientos húmedos que ayudan a mitigar el intenso calor de la ciudad, lo que vuelve conveniente el uso de la ventilación natural, pero las horas de calor intenso en el día propician el uso de aires acondicionados en los interiores. Las precipitaciones son abundantes pero de corta duración.

Tipo de clima – Clima tropical (Clima ecuatorial)

GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE GIVONI
QUIBDÓ

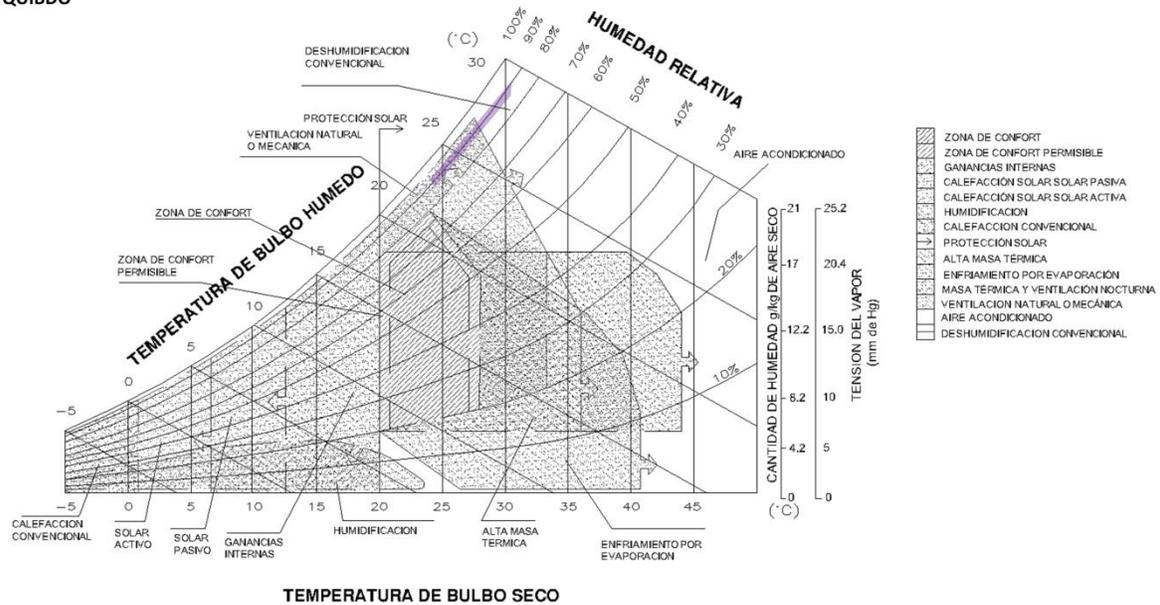


Figura 9. Diagrama con polígono de la ciudad de Quibdó

Fuente: Elaboración propia con base del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Estrategias aplicables / Ciudad	Quibdó
Ganancias internas	
Calefacción solar pasiva	
Calefacción solar activa	
Humidificación	
Calefacción convencional	
Protección solar	
Alta masa térmica	
Enfriamiento por evaporación	
Masa térmica y ventilación nocturna	
Ventilación natural o mecánica	
Aire acondicionado	
Deshumidificación convencional	

Tabla 6. Tabla de estrategias aplicables en Quibdó

Fuente: Elaboración propia

Quibdó es una de las zonas con mayores precipitaciones del mundo, la precipitación promedio anual es de 8051,1 mm. El clima es cálido y muy húmedo, además de nublados durante todo el año. La temperatura generalmente va de los 24 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 23 °C o sube a más de 33 °C. Esto lo vuelve una zona donde la deshumidificación es de gran importancia, además del buen manejo de vientos en conjunto al aire acondicionado que refresquen los espacios interiores.

Tipo de clima – Clima tropical (Clima monzónico)

GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE GIVONI
VILLAVICENCIO

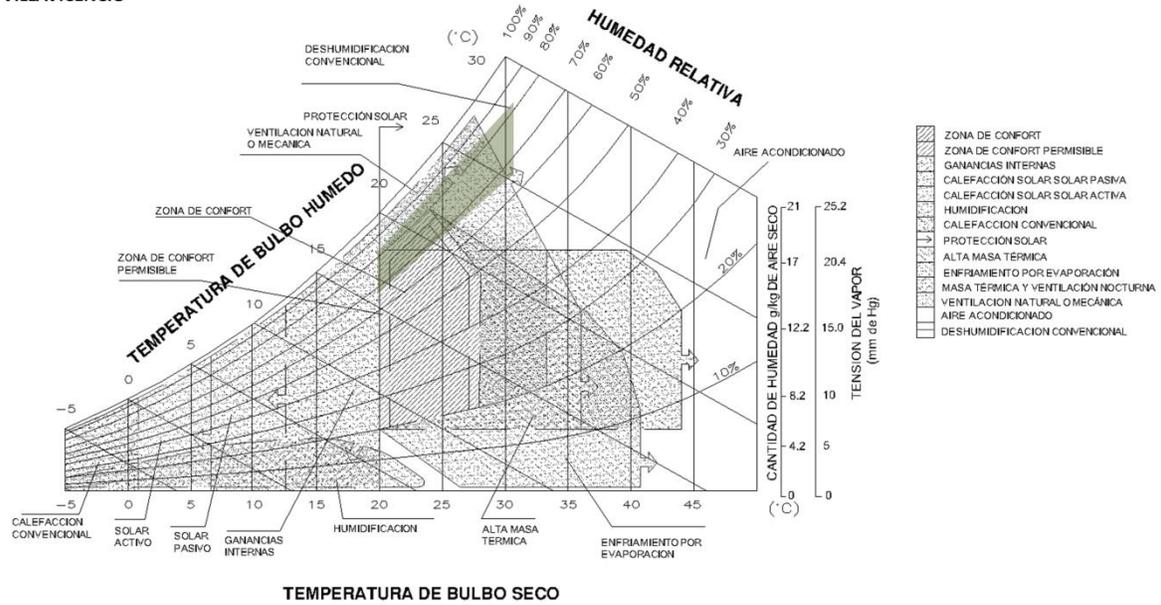


Figura 10. Diagrama con polígono de la ciudad de Villavicencio

Fuente: Elaboración propia con base del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Estrategias aplicables / Ciudad	Villavicencio
Ganancias internas	
Calefacción solar pasiva	
Calefacción solar activa	
Humidificación	
Calefacción convencional	
Protección solar	
Alta masa térmica	
Enfriamiento por evaporación	
Masa térmica y ventilación nocturna	
Ventilación natural o mecánica	
Aire acondicionado	
Deshumidificación convencional	

Tabla 7. Tabla de estrategias aplicables en Villavicencio

Fuente: Elaboración propia

La ciudad de Villavicencio tiene un clima cálido con temperaturas desde 20 °C hasta 39 °C, lo que vuelve factible el uso de estrategias como la alta masa térmica para impedir el ingreso de la radiación, o el uso de aires acondicionados a ciertas horas del día. En verano hay muchas precipitaciones y en invierno es bastante seco, por esto es aplicable tanto el enfriamiento por evaporación, como la des-humidificación, siempre teniendo presente el adecuado uso de la ventilación. Esta variación climática tan amplia entre los distintos meses conlleva a que puedan ser implementadas muchas de las estrategias de diseño bioclimático.

Tipo de clima – Clima tropical (Clima monzónico)

GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE GIVONI
IBAGUÉ

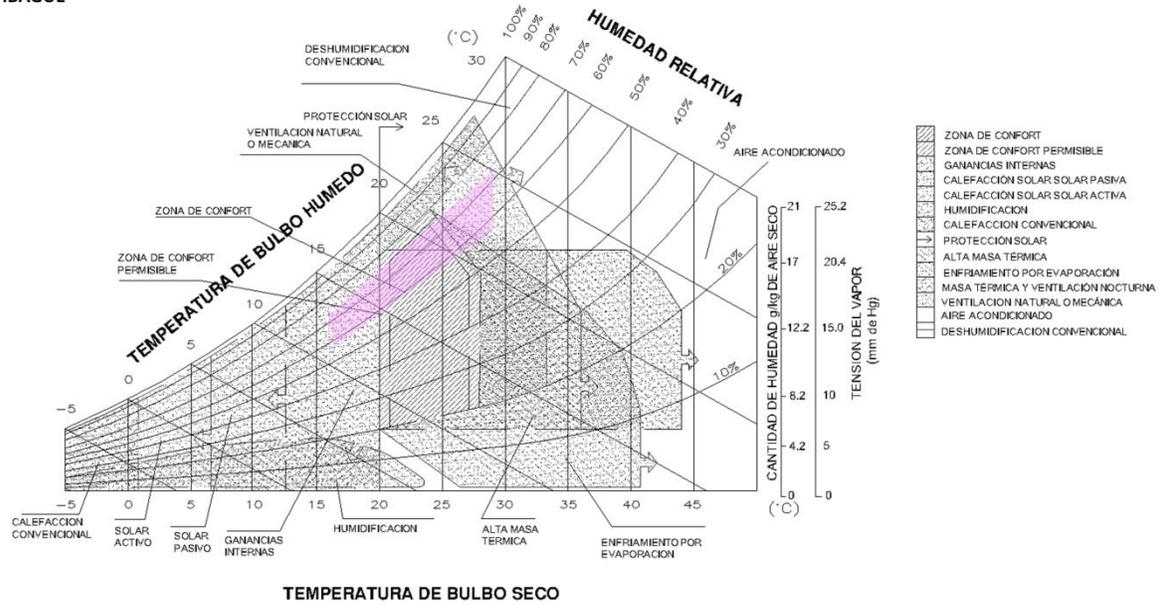


Figura 11. Diagrama con polígono de la ciudad de Ibagué

Fuente: Elaboración propia con base del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Estrategias aplicables / Ciudad	Ibagué
Ganancias internas	
Calefacción solar pasiva	
Calefacción solar activa	
Humidificación	
Calefacción convencional	
Protección solar	
Alta masa térmica	
Enfriamiento por evaporación	
Masa térmica y ventilación nocturna	
Ventilación natural o mecánica	
Aire acondicionado	
Deshumidificación convencional	

Tabla 8. Tabla de estrategias aplicables en Ibagué

Fuente: Elaboración propia

Ibagué posee un clima templado por la altitud, con temperaturas estables durante todo el año. Las lluvias son frecuentes durante todo el año. La temperatura es en promedio 21.1 ° C. El calor no es tan intenso como para necesitar el uso de aires acondicionados, pero es lo suficientemente caliente como para aplicar estrategias como lo es la alta masa térmica, siempre acompañado de la ventilación y una buena protección solar. El aire no es tan húmedo, lo que permite el enfriamiento por evaporación en las edificaciones.

Tipo de clima – Clima tropical (Clima ecuatorial)

GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE GIVONI
FLORENCIA

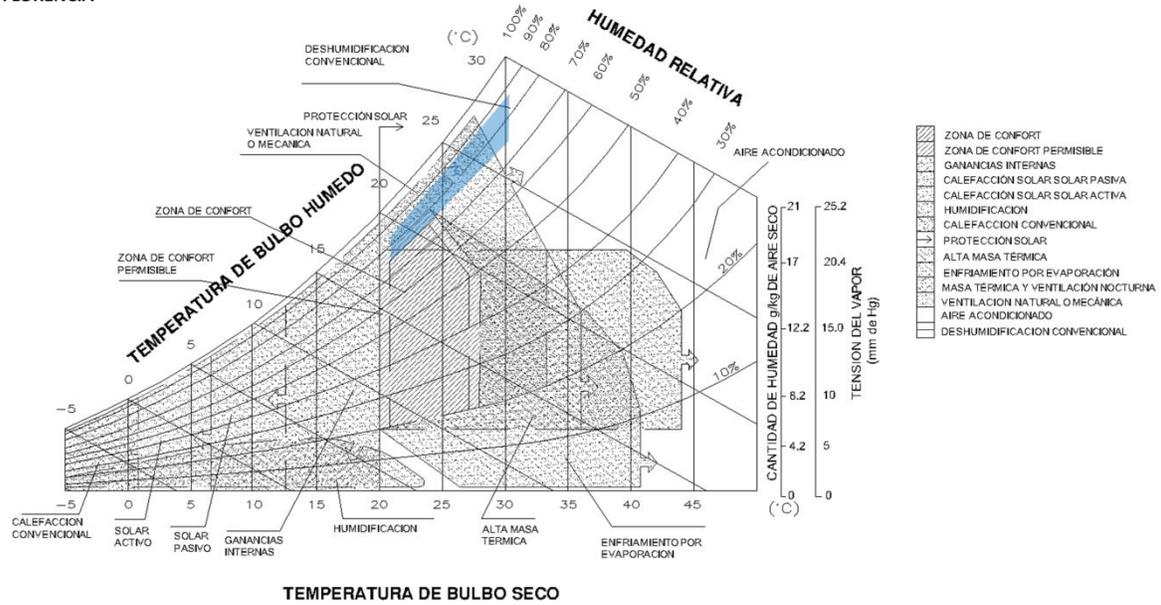


Figura 12. Diagrama con polígono de la ciudad de Florencia

Fuente: Elaboración propia con base del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Estrategias aplicables / Ciudad	Florencia
Ganancias internas	
Calefacción solar pasiva	
Calefacción solar activa	
Humidificación	
Calefacción convencional	
Protección solar	
Alta masa térmica	
Enfriamiento por evaporación	
Masa térmica y ventilación nocturna	
Ventilación natural o mecánica	
Aire acondicionado	
Deshumidificación convencional	

Tabla 9. Tabla de estrategias aplicables en Florencia

Fuente: Elaboración propia

El clima de Florencia es cálido y húmedo, cuenta con una temperatura media anual de 25 °C, caracterizado por precipitación constante durante todo el año y una alta humedad relativa, superior al 80 %, por esto la ventilación natural es tan importante en el lugar, el adecuado manejo del viento húmedo ayuda a refrescar el calor intenso de la ciudad, este manejo puede acompañarse con des-humidificadores y la protección solar frente a la radiación directa en los cerramientos.

GRÁFICO PSICOMÉTRICO DE GIVONI

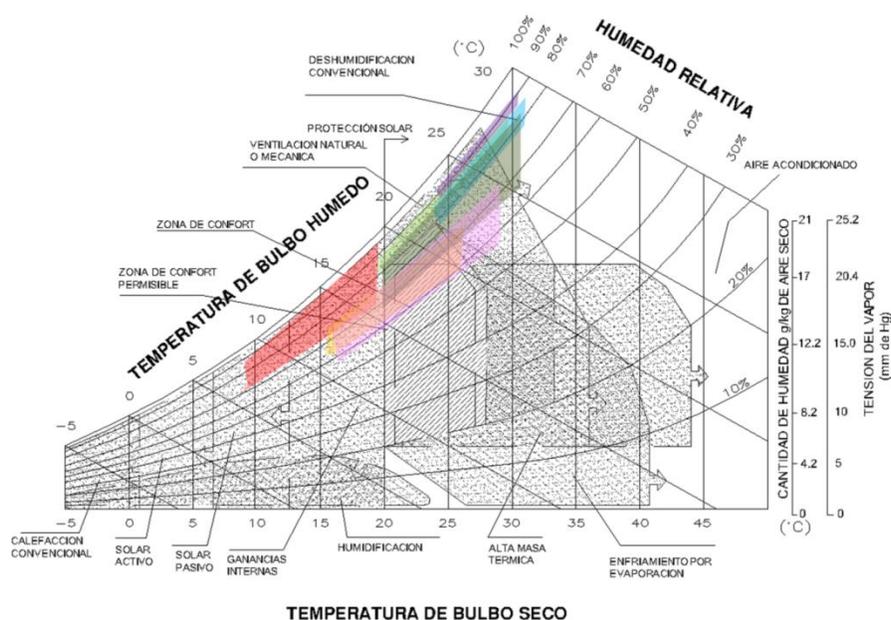


Figura 13. Diagrama con polígonos de las diferentes ciudades analizadas

Fuente: Elaboración propia con base del diagrama elaborado por Silvia Pittman - 2020

Finalmente se desarrolló un diagrama y una tabla de recopilación de la información en donde se enlista y se compara los resultados del análisis.

Estrategias aplicables / Ciudad	Bogotá	Medellin	Cali	Barranquilla	Quibdó	Villavicencio	Ibague	Florencia
Ganancias internas								
Calefacción solar pasiva								
Calefacción solar activa								
Humidificación								
Calefacción convencional								
Protección solar								
Alta masa térmica								
Enfriamiento por evaporación								
Masa térmica y ventilación nocturna								
Ventilación natural o mecánica								
Aire acondicionado								
Deshumidificación convencional								

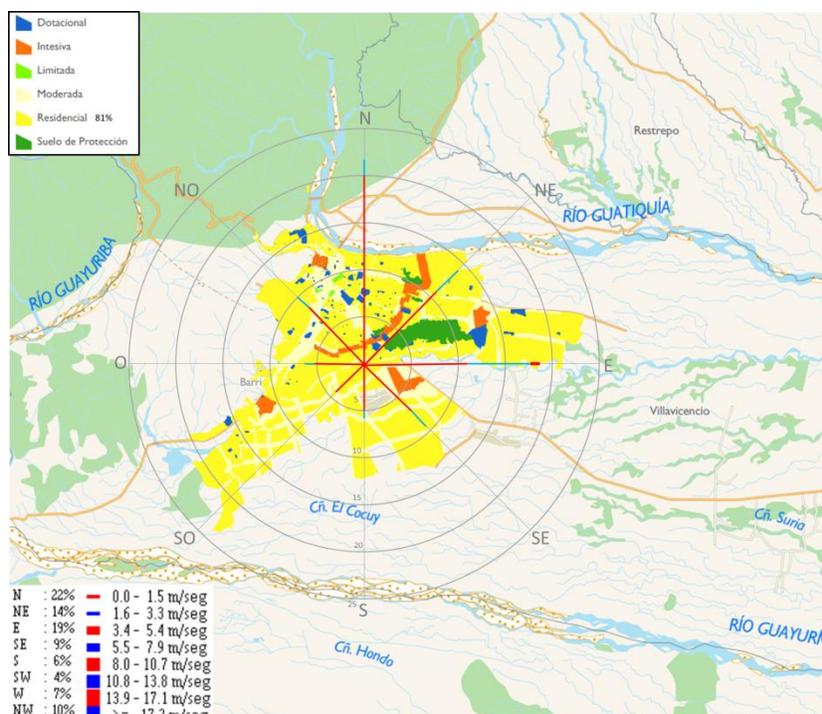
Tabla 10. Tabla de estrategias aplicables en cada contexto

Fuente: Elaboración propia

Con base en la comparación de resultados se llega a la conclusión de seleccionar la ciudad de Villavicencio como la ubicación en donde desarrollar la propuesta del modelo de vivienda. Villavicencio agrupa la mayor cantidad de estrategias aplicables en todos los contextos, así que plantear el diseño en esta localización facilitara la implementación de este análisis a todas las otras distintas ciudades.

6.2 ANÁLISIS DE LA UBICACIÓN Y EL CONTEXTO

6.2.1 BIOCLIMÁTICA EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO



Mapa 3. Bioclimática en la ciudad de Villavicencio

Fuente: Elaboración propia con mapa base tomado de IGAC

En el mapa se encuentran los usos del suelo, donde se denota que es en un 81% residencial, los vientos predominantes vienen del norte y el este, la fuerza de estos vientos es leve llegando a ser de 5.4 metros por segundo como máximo, y su organización espacial se basa en acompañar el río Guatiquia adyacente al norte de la ciudad, además su crecimiento también se ve determinado por los pequeños ríos que se desprenden de este, ya que más del 70% del recurso hídrico de la ciudad capta agua de esta fuente.

Mes	°C Min	°C Promedio	°C Max	H% Promedio
Enero	20°C	25°C	31°C	69%
Febrero	21°C	26°C	32°C	67%
Marzo	22°C	26°C	31°C	72%
Abril	22°C	26°C	31°C	79%
Mayo	22°C	26°C	30°C	82%
Junio	22°C	25°C	29°C	83%
Julio	21°C	25°C	28°C	83%
Agosto	21°C	25°C	29°C	80%
Septiembre	21°C	25°C	30°C	78%
Octubre	21°C	26°C	30°C	79%
Noviembre	22°C	26°C	31°C	80%
Diciembre	20°C	25°C	31°C	76%

Tabla 11. Tabla de temperaturas y humedades relativas

Fuente: Elaboración propia

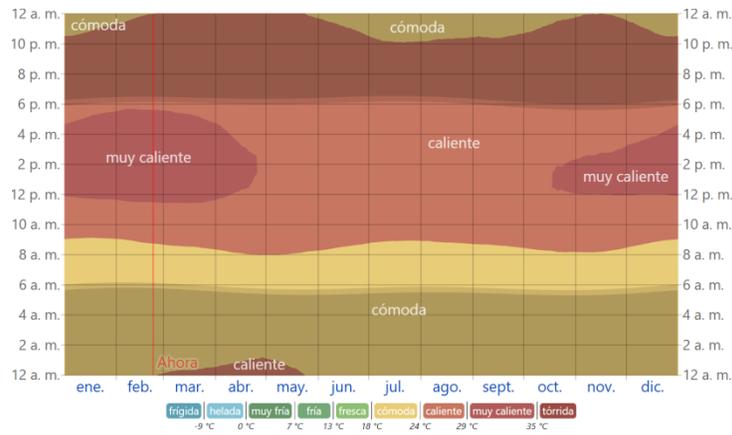


Figura 14. Comodidad de la temperatura a través del día

Fuente: Weatherspark

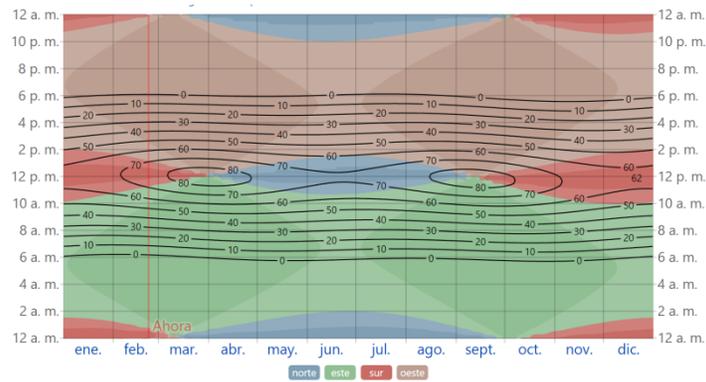


Figura 15. Salida e inclinación del sol a través del año

Fuente: Weatherspark

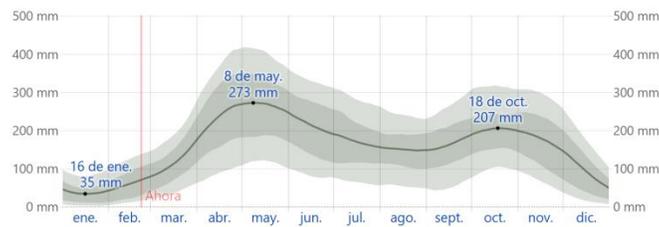


Figura 16. Promedio de lluvia a través del año

Fuente: Weatherspark

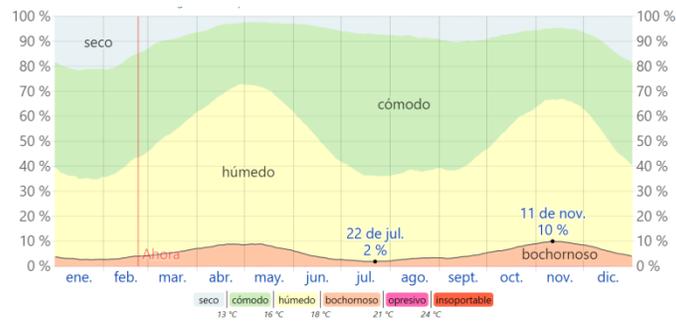


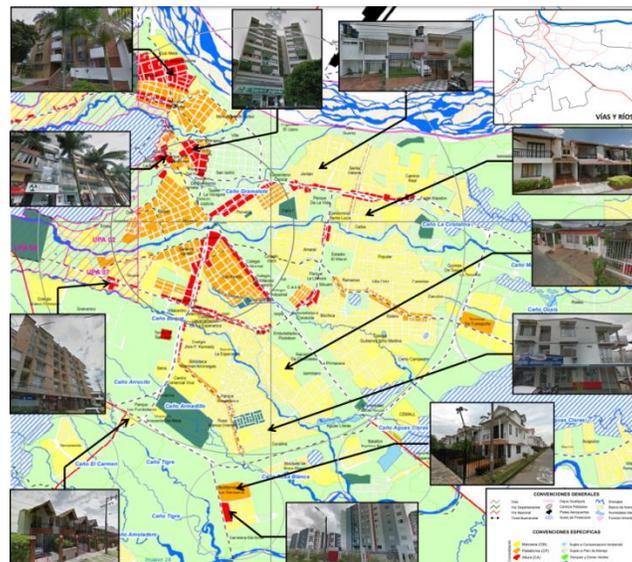
Figura 17. Comodidad de la humedad a través del año

Fuente: Weatherspark

Se desarrolló una búsqueda de información acerca de las temperaturas a través del año, las horas de calor a través del día, siendo de las 12 a las 6 de la tarde las más calientes, la inclinación del sol, el índice de lluvia promedio y finalmente que tan cómoda es la humedad de acuerdo a su porcentaje en la ciudad.

Como conclusión se observa que la temperatura posee una clara relación con el nivel de humedad, en los meses donde la precipitación es baja se vuelven más calurosos, y al revés los meses más frescos se dan cuando hay más lluvias, por esto la presencia de los vientos es de suma importancia ya que al venir principalmente del norte en dónde se encuentra el río Guatiquia este se humedece y ayuda a refrescar la temperatura de la ciudad.

6.2.2 ANÁLISIS DE LAS VIVIENDAS EXISTENTES



Mapa 4. Tipologías de vivienda en la ciudad de Villavicencio

Fuente: Elaboración propia con mapa base tomado de POT 2015 de Villavicencio

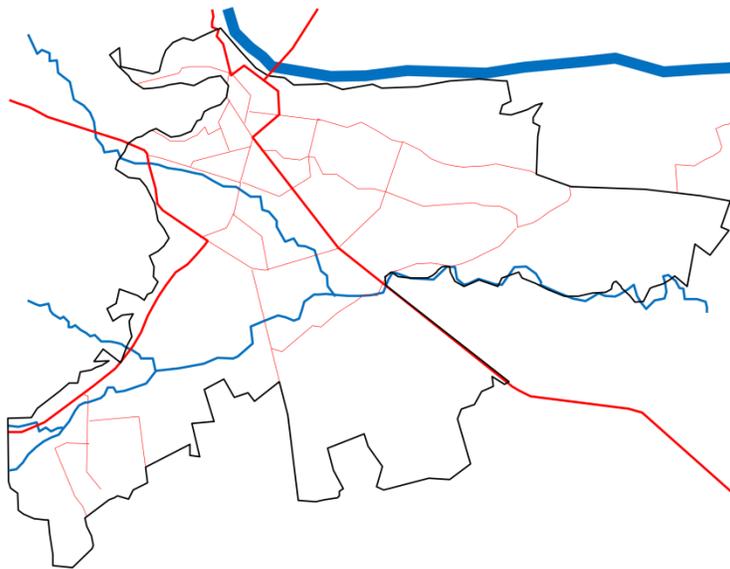


Figura 18. Vías y ríos

Fuente: Elaboración propia

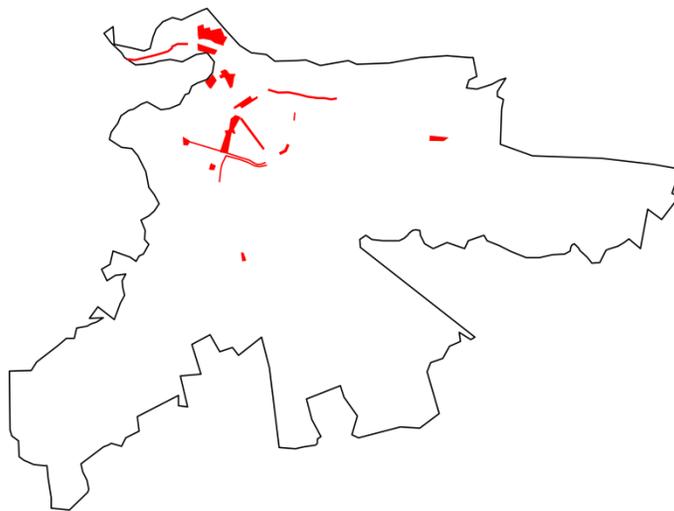


Figura 19. Consolidación de viviendas en altura

Fuente: Elaboración propia

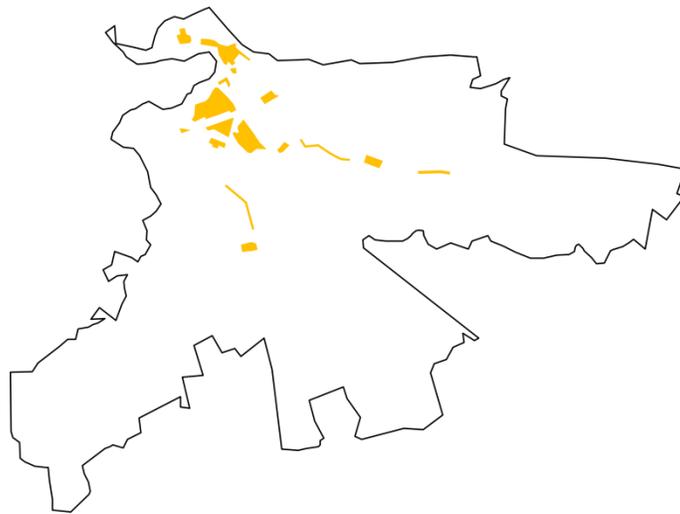


Figura 20. Consolidación de viviendas mixtas

Fuente: Elaboración propia

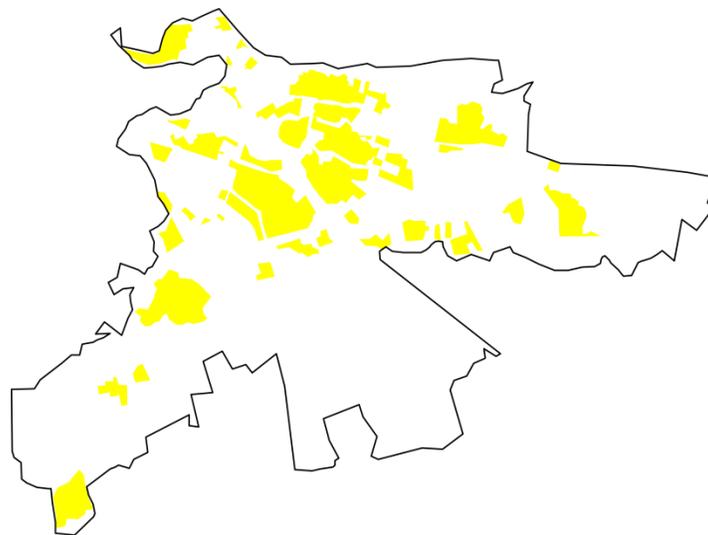


Figura 21. Consolidación de viviendas de baja altura

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolló un análisis de las distintas tipología de vivienda en la ciudad, dónde se aprecia una concentración de viviendas en altura que representa el color rojo en la zona central (Figura 17), un uso mixto de viviendas en altura y viviendas de baja altura en los alrededores del centro (Figura 18) y predominantemente las viviendas de baja altura repartidas por el resto de la ciudad (Figura 19), el porcentaje de tipos de vivienda es de 71% casas, 25% apartamentos y finalmente 4% de otros tipos, las viviendas al interior de la ciudad son de carácter adosado, con uso de voladizos o protecciones solares, y un gran

uso de ventanas, además su orientación va de acuerdo a la malla vial existente, en las zonas exteriores de la ciudad se vienen presentando agrupaciones de vivienda en donde un mismo modelo se replica para generar una urbanización en una amplia extensión de terreno, éstas agrupaciones son en su mayoría de baja altura como condominios de vivienda, pero también se encuentran edificios de apartamentos siguiendo la misma lógica.

6.3 ANÁLISIS DE REFERENTES

6.3.1 REFERENTES FORMALES

En este punto se realizó una matriz de referentes en las que se compararan 3 elementos para la composición por medio de patios del proyecto de vivienda en altura, estas variables son las circulaciones, los espacios y las fachadas. La matriz expone una serie de imágenes de las que se selecciona que componentes parecen adecuados para la implementación en la propuesta y cuales no lo son.



Figura 22. Matriz de referentes para circulaciones de “Casa patio”

Fuente: Elaboración propia

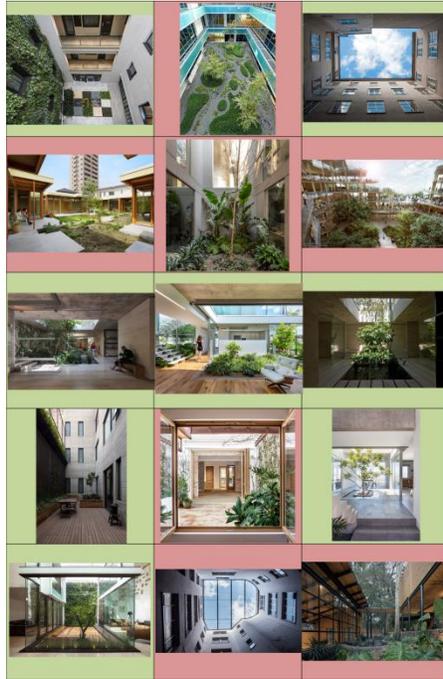


Figura 23. Matriz de referentes para espacios de “Casa patio”

Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Matriz de referentes para fachada

Fuente: Elaboración propia

Después de esto se buscaron 4 proyectos que apliquen el uso de patios como elementos principales para la composición de viviendas multifamiliares.



Figura 25. Referente de forma I - PCGI Vivienda Multifamiliar - Fotos

Fuente: Proyecto de Ignacio Bertolini - Argentina – 2017



Figura 26. Referente de forma 1 - PCGI Vivienda Multifamiliar - Planos

Fuente: Proyecto de Ignacio Bertolini - Argentina – 2017

De este proyecto se destaca el cómo se resuelven los espacios en una zona de muy poca área, como las circulaciones crean espacios vacíos para la iluminación y ventilación de cada una de las estancias, y finalmente el desarrollo de vivienda multifamiliar con niveles complejos y diversos.



Figura 27. Referente de forma 2 - Edificio de viviendas Patios 16 - Fotos

Fuente: Proyecto de Bureau de Arquitectos RR+a – Argentina – 2016

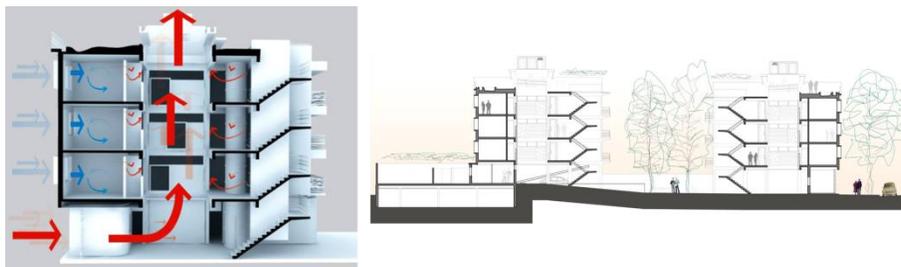


Figura 28. Referente de forma 2 - Edificio de viviendas Patios 16 - Planos

Fuente: Proyecto de Bureau de Arquitectos RR+a – Argentina – 2016

En este proyecto se toma en consideración como organiza sus espacios y las torres de vivienda alrededor de un gran patio como eje central para una construcción en altura, con

patios internos para la ventilación e iluminación de las torres de vivienda, y con un primer piso sin muchas divisiones para generar un túnel de viento en el patio interior.



Figura 29. Referente de forma 3 - Hotel de Monte Málaga - Fotos

Fuente: Proyecto de Juan Rojas y Juan Ramón Montoya– España

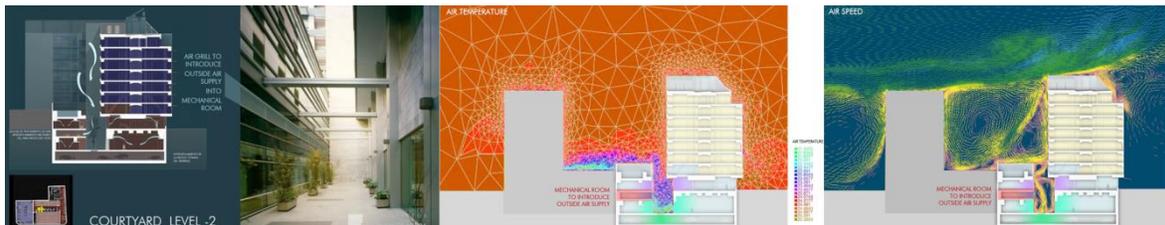


Figura 30. Referente de forma 3 - Hotel de Monte Málaga - Planos

Fuente: Proyecto de Juan Rojas y Juan Ramón Montoya– España

Lo que se toma de este proyecto es el cómo se enfoca en tener todos sus espacios debidamente ventilados a partir de la diferencia de presiones con un piso enterrado, que funciona como una cámara de aire frío que se distribuye a lo largo de un proyecto de gran altura, y la aplicación de patio inglés que conecta con este piso enterrado.



Figura 31. Referente de forma 4 - Edificio VIVIR PERMEABLE- Fotos

Fuente: Proyecto de Arquitectura X - Ecuador - 2016

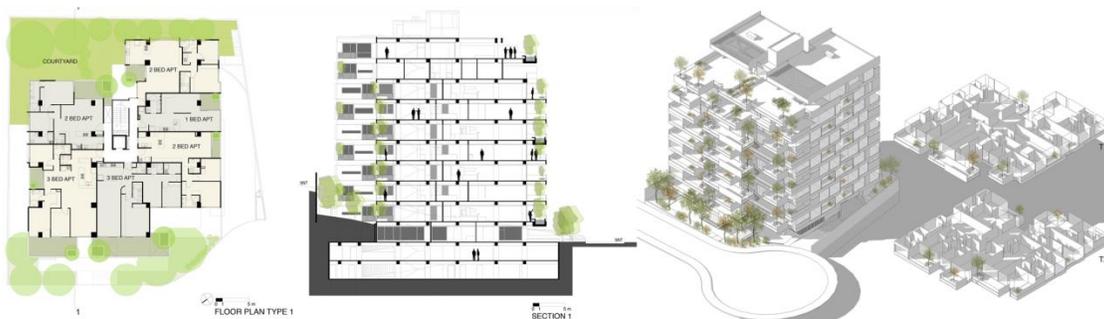


Figura 32. Referente de forma 4 - Edificio VIVIR PERMEABLE- Planos

Fuente: Proyecto de Arquitectura X - Ecuador – 2016

Lo que se toma de este proyecto es la complejidad de su volumen gracias a la implementación de sustracciones en él, que forman terrazas/vacios en altura a lo largo de todos sus niveles.

6.3.2 REFERENTES TÉCNICOS



Figura 33. Estado actual de fachadas en el contexto urbano

Fuente: Google maps



Figura 34. Propuesta para fachadas y cubiertas

Fuente: Wikimedia Commons

Se plantea utilizar fachadas y cubiertas ajardinadas en el proyecto, con rociadores automáticos que en conjunto a la evo-transpiración de las plantas refresquen la temperatura del proyecto a modo de un aire acondicionado natural y lo protejan de la radiación solar directa.

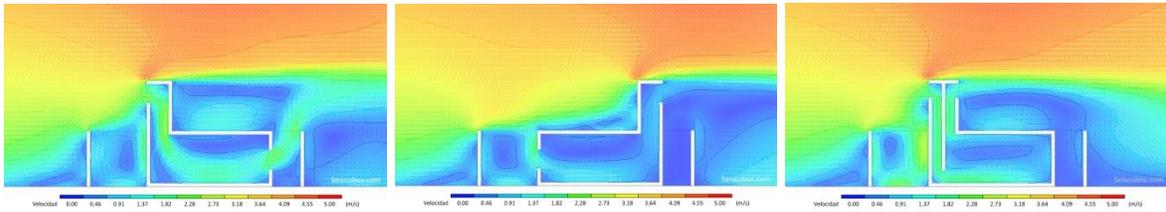


Figura 35. Propuesta para ventilación por cubierta por torres captadoras

Fuente: SeisCubos

Se plantea la utilización de torres captadoras en el proyecto, que funcionen en conjunto a ductos de ventilación, para aprovechar la cubierta como un elemento de captación de vientos, esto por no tener la posibilidad de atraparlos por sus fachadas gracias a estar rodeado de vecinos.

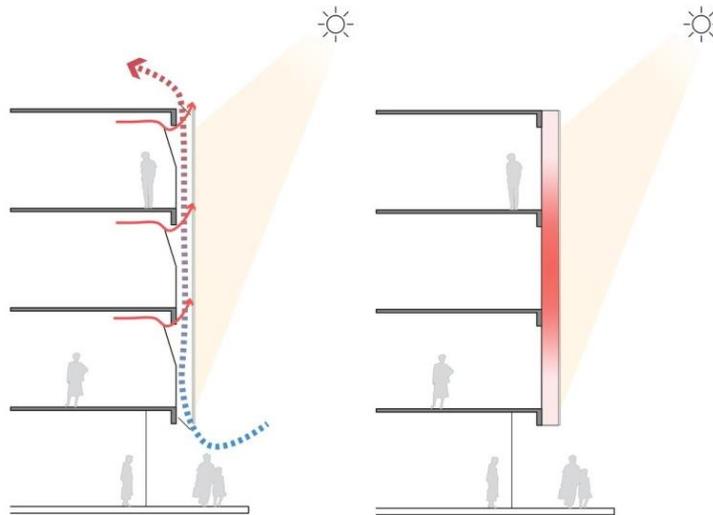


Figura 36. Propuesta para ventilación por sistemas de doble fachada

Fuente: Archdaily

Otro sistema planteado para la propuesta es la utilización de doble fachadas, se busca que actúen como un remplazo para la estrategia de la alta masa térmica, y así no implementar una estructura tan pesada en el proyecto aligerando su carga, esta estrategia también se podría utilizar como una técnica de ventilación pasiva.

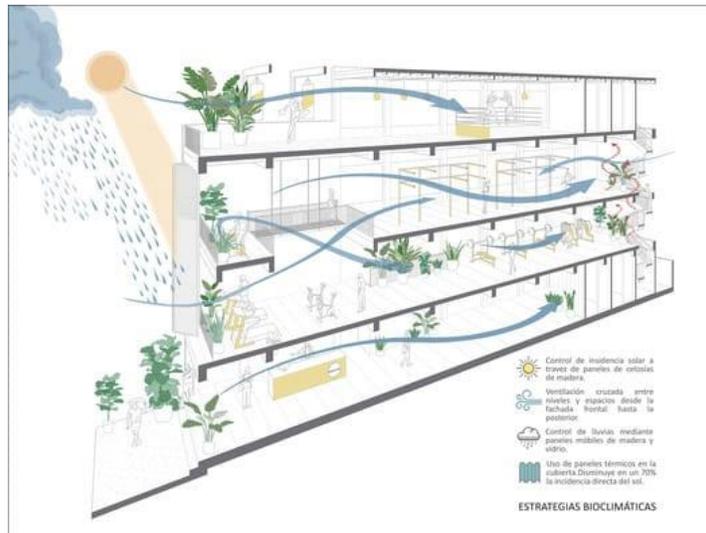


Figura 37. Propuesta para ventilación e iluminación por fachadas permeables

Fuente: Archdaily

Finalmente se quiere utilizar sistemas de fachadas permeables para captar iluminación y ventilación, esto con el objetivo de introducirlos en los espacios donde sea difícil, como lo son los que se encuentran al fondo del lote.



Figura 38. Referente técnico I - Bosco Verticale - Fotos

Fuente: Proyecto de Stefano Boeri Architetti – Italia – 2014



Figura 39. Referente técnico I - Bosco Verticale - Planos

Fuente: Proyecto de Stefano Boeri Architetti – Italia – 2014

Este proyecto evidencia el cómo implementar jardines en altura por las fachadas de un edificio, generando terrazas verdes en diferentes niveles de la edificación que complejizan su volumetría, para impedir la radiación directa y crea patios funcionales por todo el área de la construcción.



Figura 40. Referente técnico 2 - Haute Vallée School - Fotos

Fuente: Proyecto de Architecture PLB – Jersey – 1998

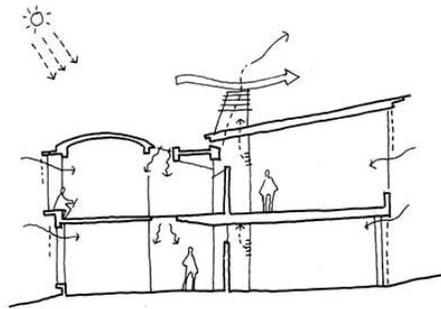


Figura 41. Referente técnico 2 - Haute Vallée School - Planos

Fuente: Proyecto de Architecture PLB – Jersey – 1998

En este proyecto se implementan torres captadoras de viento modernizadas, y se explica el cómo mantener confortable térmicamente los espacios, por medio de una renovación de aire en su interior.



Figura 42. Referente técnico 3 - Emiliano RJ - Fotos

Fuente: Proyecto de Studio Arthur Casas + Oppenheim Architecture – Brasil – 2007



Figura 43. Referente técnico 3 - Emiliano RJ - Planos

Fuente: Proyecto de Studio Arthur Casas + Oppenheim Architecture – Brasil – 2007

Lo que se evidencia de este proyecto es el cómo implementar doble fachadas, que a su vez sean permeables para el ingreso de iluminación a las diferentes estancias de la edificación, sin perder su principal función de protección a la radiación directa y de ventilación.



Figura 44. Referente técnico 4 - The Modern Village Office - Fotos

Fuente: Proyecto de Ho Khue Architects – Vietnam – 2016



Figura 45. Referente técnico 4 - The Modern Village Office - Planos

Fuente: Proyecto de Ho Khue Architects – Vietnam – 2016

Finalmente este referente presenta el cómo desarrollar espacios iluminados y ventilados a través de vacíos en sus fachadas, pero también es un proyecto en espacio reducido que

aplica sustracciones en su volumen, para generar terrazas en distintos niveles y cubiertas/fachadas ajardinadas, lo cual vuelve muy interesante la forma en que resuelve problemas que se evidencian también en la propuesta.

6.3.3 LA IMPORTANCIA DE LOS PATIOS EN LA ARQUITECTURA

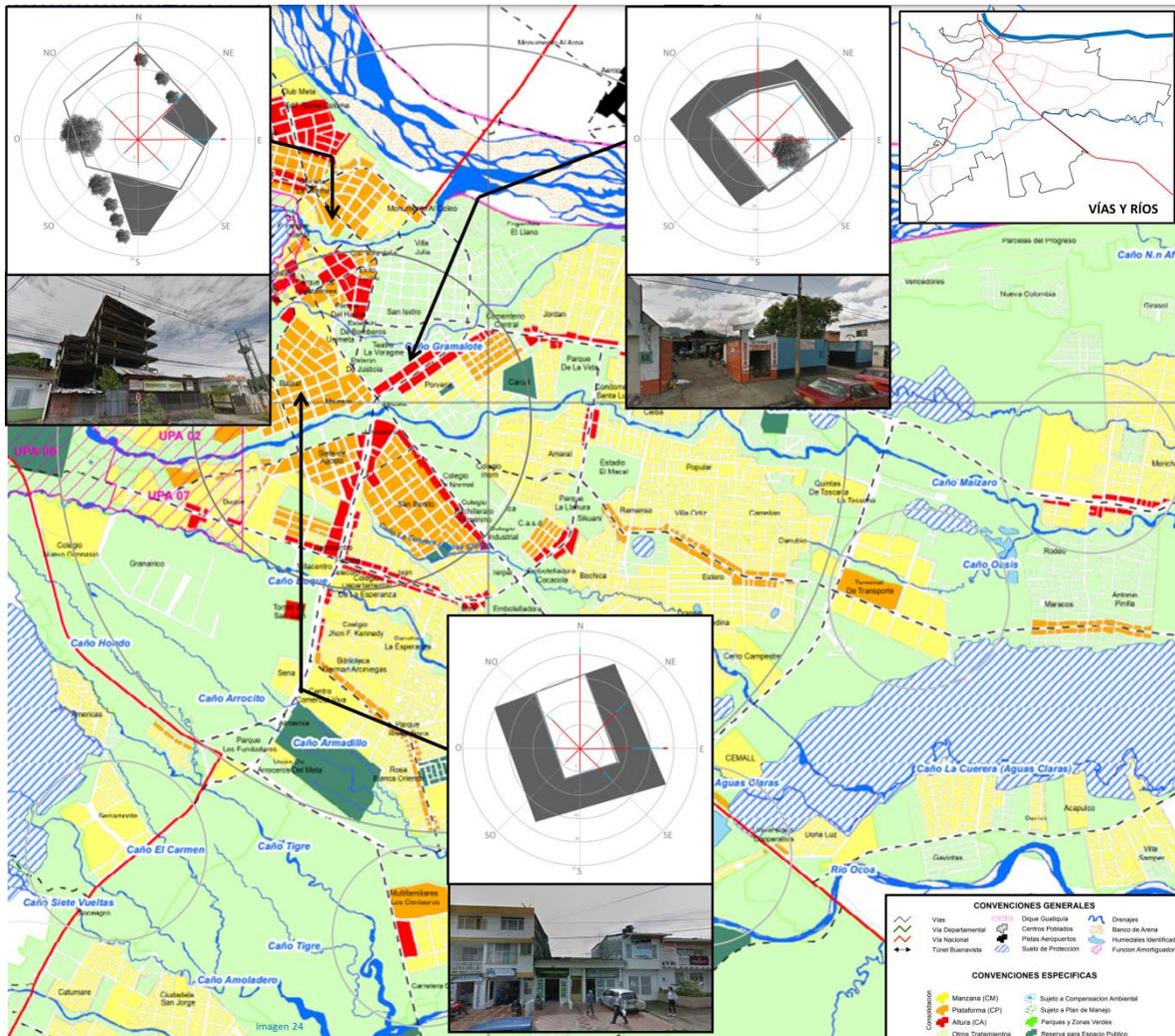
El patio es un elemento principal en la historia de la arquitectura, desde la antigüedad hasta la edad moderna, se considera una base de un sistema de composición. La tipología de “casa patio” proviene como respuesta a las necesidades ambientales y sociales, la necesidad de aislarse del exterior por los diversos climas, y la privacidad de un espacio familiar. Las “casas patio” son típicas de la arquitectura islámica, en la que se tiene especial importancia a la intimidad del hogar y por esta razón las viviendas se organizan en torno a un patio central. (Capitel, 2005)

Los patios se consideran una herramienta fundamental como fuentes de luz para el interior de los espacios construidos, además permiten el ingreso de la ventilación lo cual combinado a la iluminación son aspectos claves para el confort y la salud de las personas.

Tipos de patios:

- Patio de luces.
- Patio de manzana.
- Patio delantero.
- Patio inglés.
- Patio central.
- Patio trasero.

6.4 SELECCIÓN DE LOTE



Mapa 5. Selección de lote dentro de la ciudad de Villavicencio

Fuente: Elaboración propia con mapa base tomado de POT 2015 de Villavicencio

Se desarrolló una búsqueda de lotes actualmente en venta dentro de la ciudad de Villavicencio, descartando los que no se encuentran dentro de las zonas que permitan vivienda en altura (Zonas con manchas rojas y naranjas), y buscando que sus áreas totales de superficie fueran diversas, resultando en la selección de 3 tipos distintos de lotes, uno grande, uno mediano y uno pequeño.

Consolidación	Edificabilidad	
Viviendas de baja altura	1.50 I.C	Máximo 2 pisos
Viviendas mixtas	1.50 I.C	Máximo 5 pisos
Viviendas en altura	3.50 I.C	Mínimo 7 pisos

Tabla 12. Tabla de normativa de construcción en lotes

Fuente: Elaboración propia

Además se consultó la normativa vigente por el POT de la ciudad de Villavicencio para la edificabilidad en cada tipo de consolidación, y en base a esto desarrollar posibles formas y alternativas de proyecto en cada lote.

6.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOTES

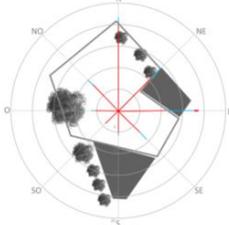
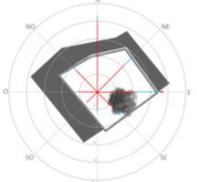
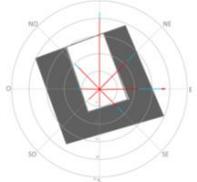
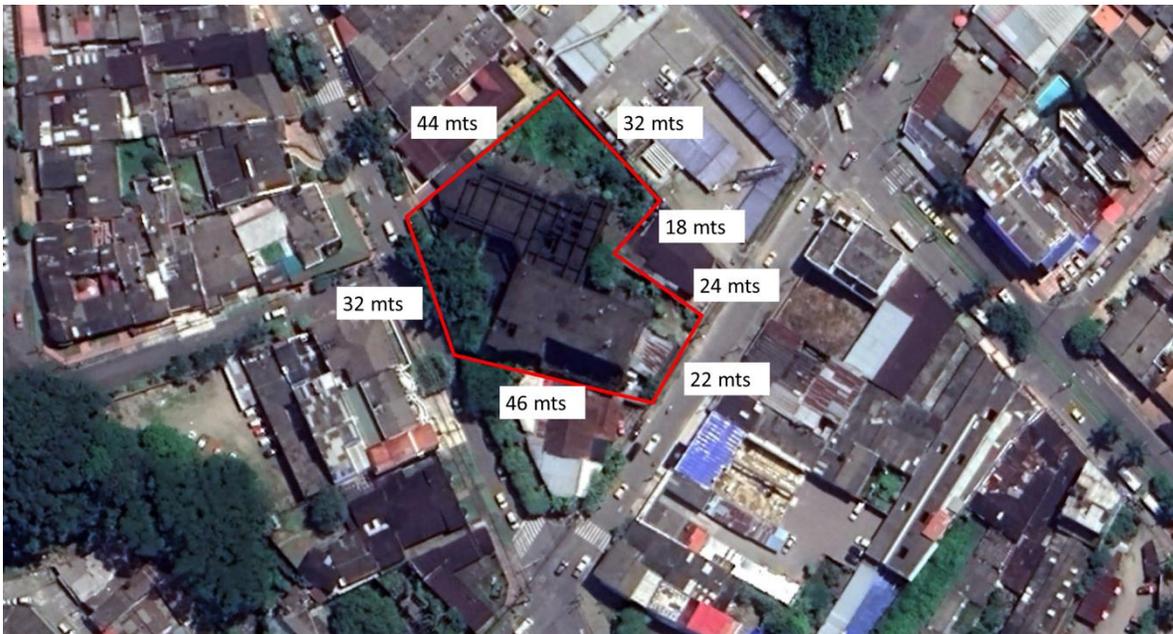
Lote	Planta	Medidas
		2.636 m ²
		658 m ²
		388 m ²

Tabla 13. Tabla comparativa de lotes

Fuente: Elaboración propia

I. Lote tipo A



Mapa 6. Perímetro acotado de lote tipo A

Fuente: Elaboración propia con mapa base tomado de Google Maps

Características de lote tipo A:

- Lote de forma irregular, en la zona norte del interior de la ciudad.
- Espacio extenso.
- Construcción abandonada.
- Vegetación existente en su interior.
- No cuenta con edificaciones en altura adosadas.
- El contexto es principalmente de comercio de baja altura en conjunto a viviendas de baja altura.
- Lote de consolidación mixta con una altura máxima de 5 pisos.



Figura 46. Vista a lote tipo A

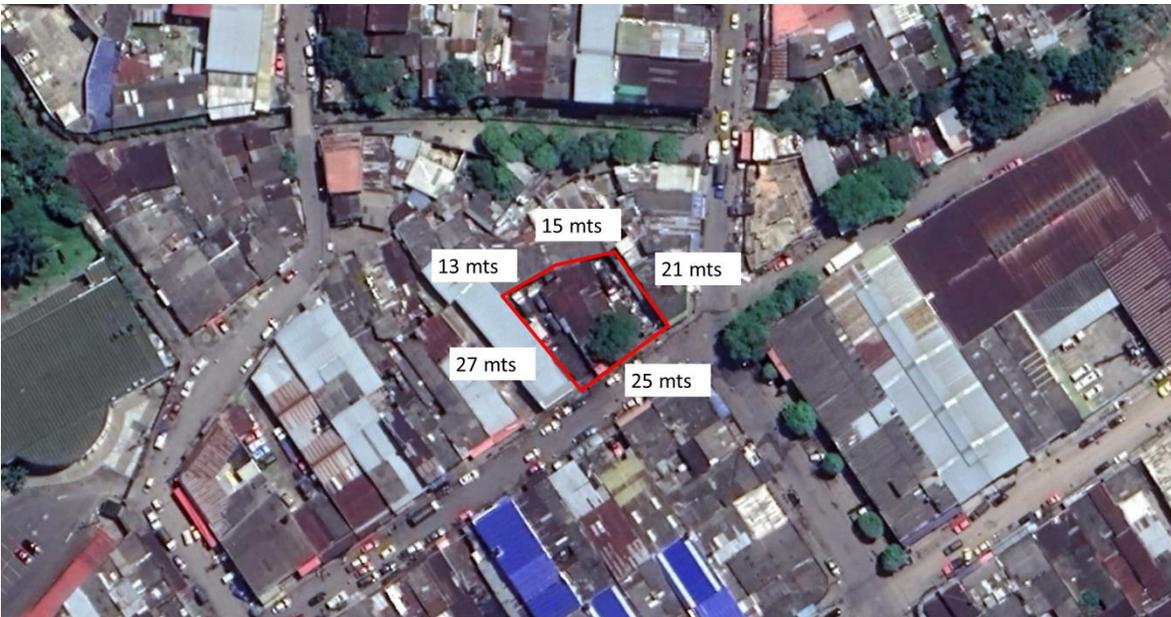
Fuente: Google Maps



Figura 47. Vista a lote tipo A

Fuente: Google Maps

II. Lote tipo B



Mapa 7. Perímetro acotado de lote tipo B

Fuente: Elaboración propia con mapa base tomado de Google Maps

Características de lote tipo B:

- Lote de forma irregular, en la zona aledaña al centro de la ciudad.
- Espacio mediano.
- Parqueaderos existentes.

- Vegetación casi inexistente en su interior, con excepción de un árbol.
- No cuenta con edificaciones en altura adosadas.
- El contexto es principalmente de comercio de baja altura.
- Lote de consolidación en altura con una altura mínima de 7 pisos.



Figura 48. Vista a lote tipo B

Fuente: Google Maps



Figura 49. Vista a lote tipo B

Fuente: Google Maps

III. Lote tipo C



Mapa 8. Perímetro acotado de lote tipo C

Fuente: Elaboración propia con mapa base tomado de Google Maps

Características de lote tipo C:

- Lote de forma regular, en la zona central de la ciudad.
- El lote es muy pequeño para una construcción multifamiliar.
- Construcción de baja altura.
- Vegetación inexistente en su interior.
- No cuenta con edificaciones en altura adosadas.
- El contexto es principalmente de vivienda de baja altura.
- Lote de consolidación mixta con una altura máxima de 5 pisos.



Figura 50. Vista a lote tipo C

Fuente: Google Maps

6.4.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE FORMA Y ORIENTACIÓN

Para este paso se analizaron distintas ubicaciones, medidas, distribuciones y orientaciones que pueden presentarse en los 3 tipos de lotes elegidos, esto con el objetivo de encontrar las ventajas y desventajas de trabajar en cada uno y cuál sería el adecuado para el desarrollo del proyecto final, esto en base a la factibilidad de la aplicación de las herramientas bioclimáticas y buscando la solución al entorno “no ideal” presentado en la problemática. Optando siempre por la composición por medio de distintas alternativas de patios que faciliten la ventilación e iluminación de sus estancias a lo largo del día como sea requerido.

Tipo A:

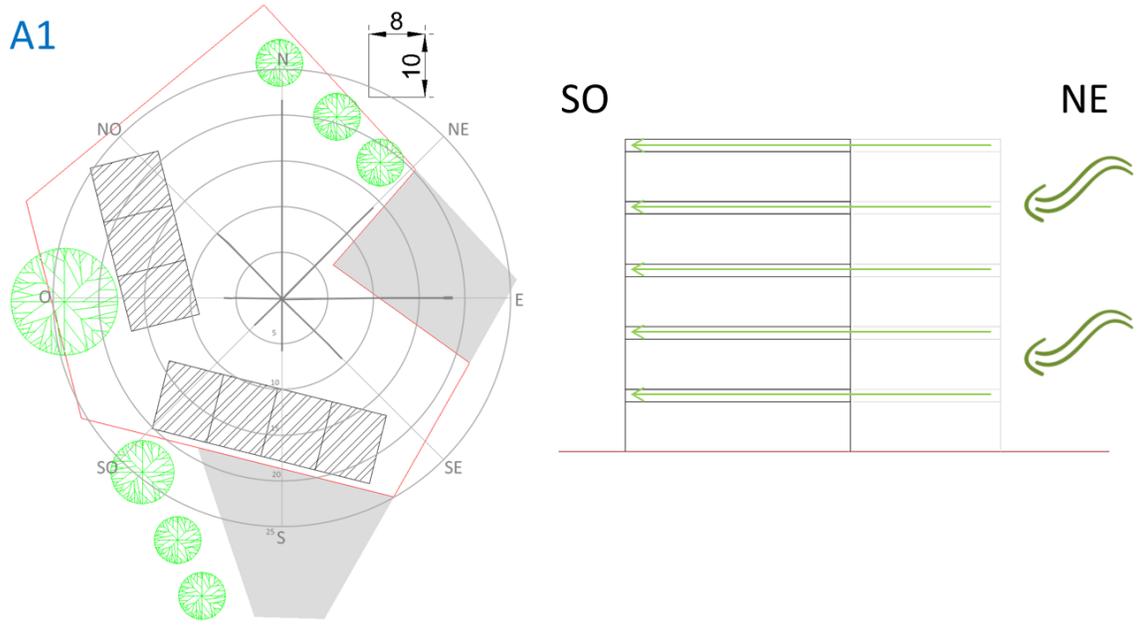


Figura 51. Análisis de forma y orientación A1

Fuente: Elaboración propia

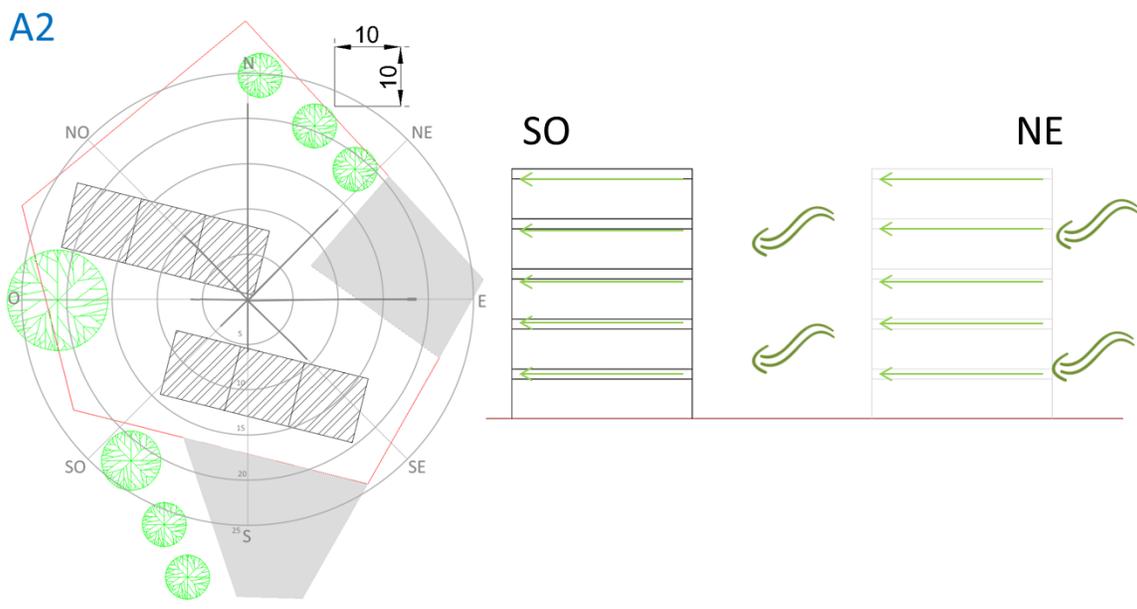


Figura 52. Análisis de forma y orientación A2

Fuente: Elaboración propia

A3

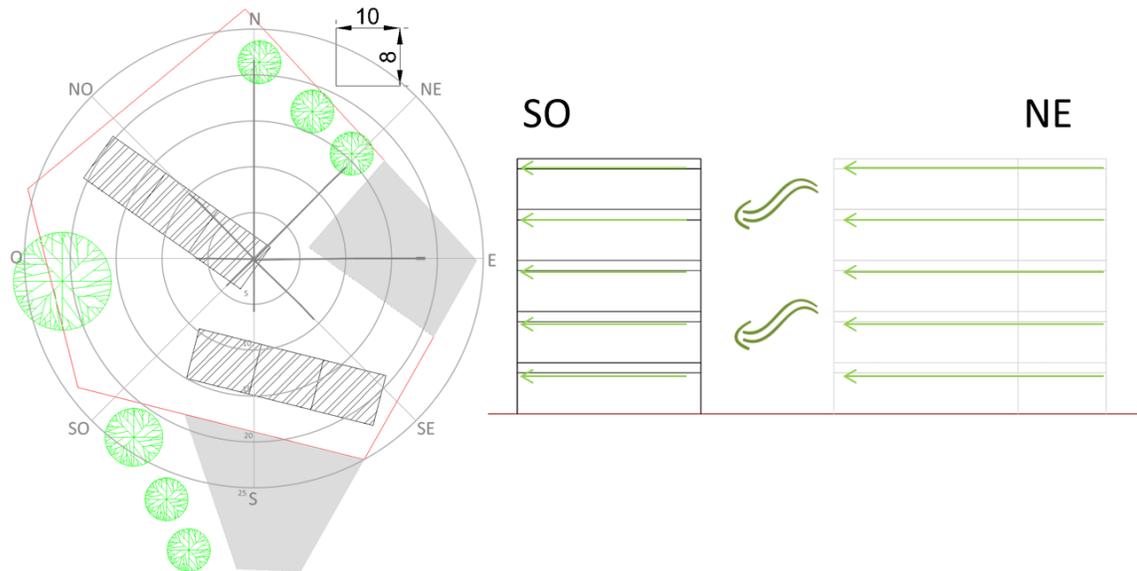


Figura 53. Análisis de forma y orientación A3

Fuente: Elaboración propia

A4

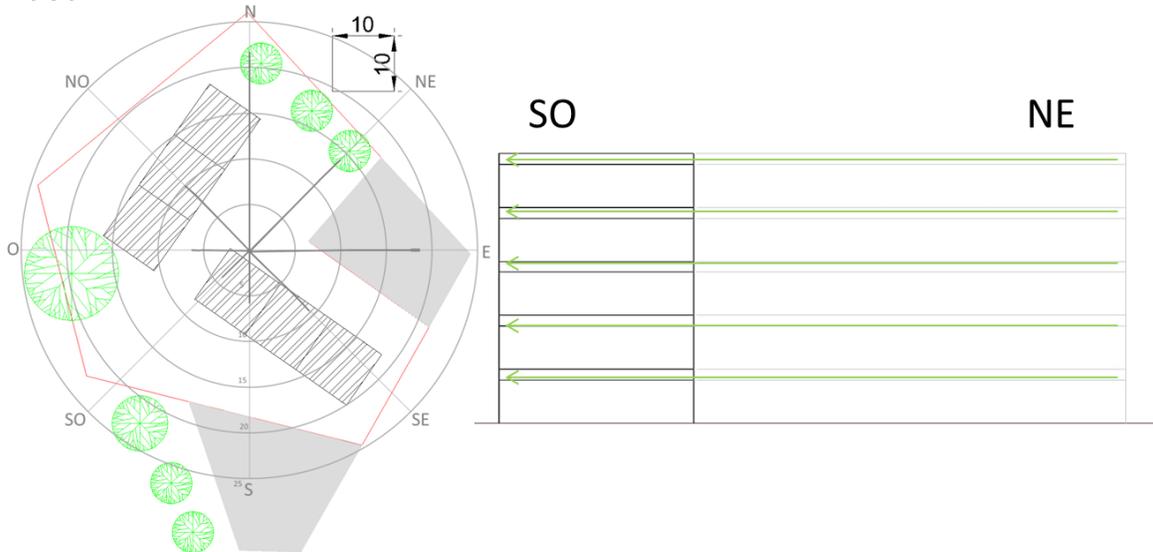


Figura 54. Análisis de forma y orientación A4

Fuente: Elaboración propia

Con las alternativas del lote tipo A, se buscó el cómo acomodar los volúmenes en una gran superficie de área, y buscando siempre aprovechar los vientos provenientes del norte y este de la ciudad. Para esto se orientaron los bloques de vivienda apuntando su perímetro

más estrecho al noroeste y sureste del lote, con esto la fachada más larga recibe mayor cantidad de ventilación a lo largo del día. En conclusión se evidencio que la gran cantidad de posibilidades en un espacio tan amplio dificultaba el proceso de diseño y adecuación de la forma al lote, pero tenía la ventaja de no restringirse por edificaciones anexas que dificultaran la aplicación de las estrategias bioclimáticas requeridas.

Tipo B:

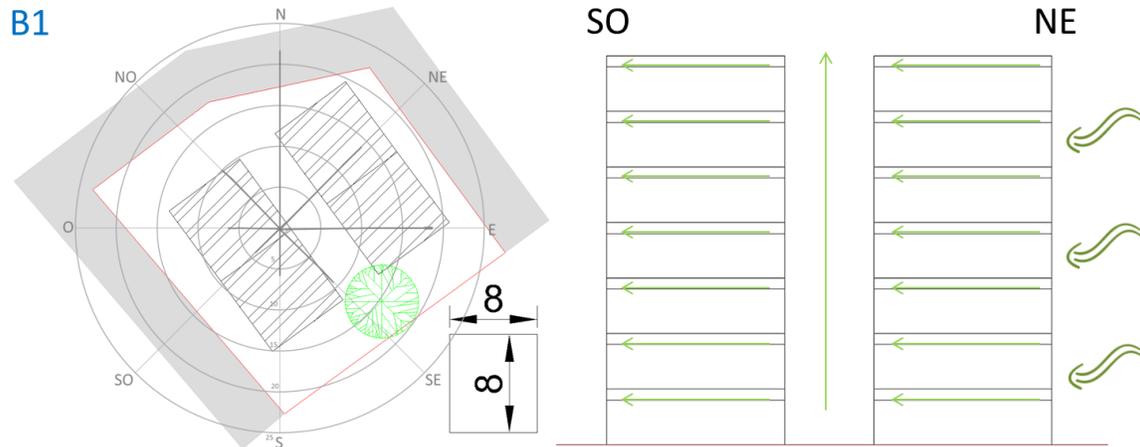


Figura 55. Análisis de forma y orientación B1

Fuente: Elaboración propia

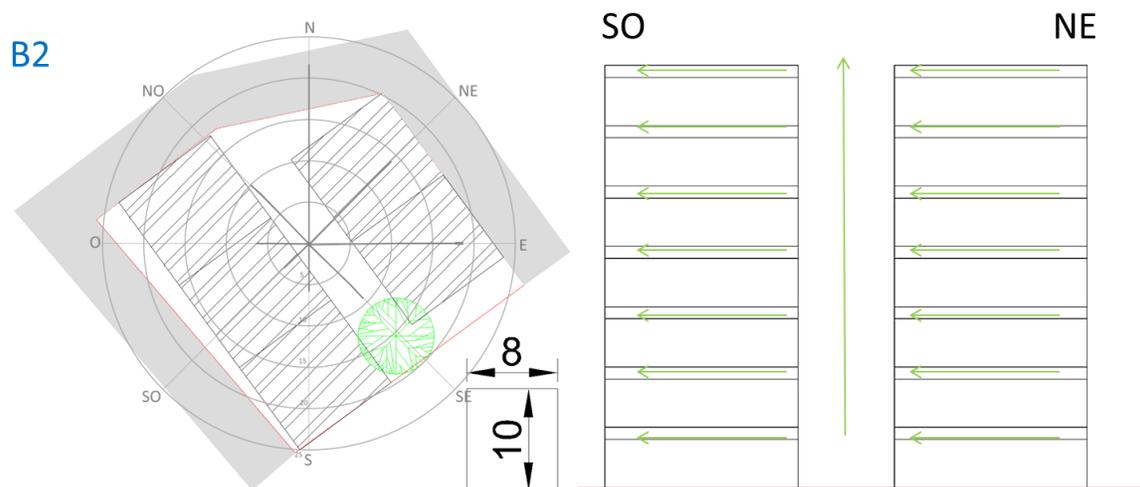


Figura 56. Análisis de forma y orientación B2

Fuente: Elaboración propia

B3

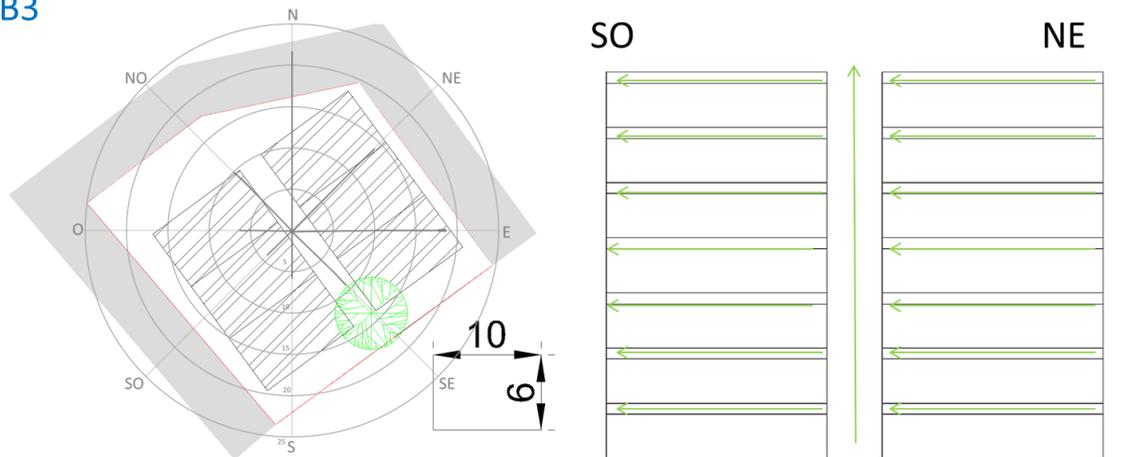


Figura 57. Análisis de forma y orientación B3

Fuente: Elaboración propia

B4

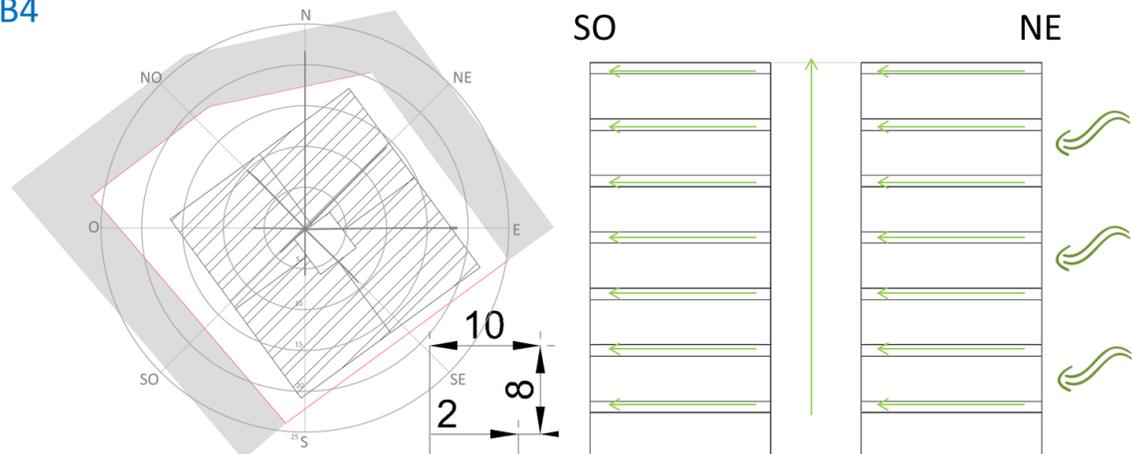


Figura 58. Análisis de forma y orientación B4

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del tipo B, se trabajó el cómo organizar un modelo de vivienda multifamiliar con una altura de 7 pisos mínimos exigidos por norma, en un entorno con poca libertad de diseño, para esto se optó por plantas en forma de “H” que dejen pasillos por donde se pudiera ventilar las edificaciones además de permitir la entrada de luz solar a través del día. La desventaja principal de este lote es la altura que pueden alcanzar las edificaciones vecinas que influenciarían en las estrategias planteadas, y su ventaja es el espacio de separación entre las construcciones que permiten los pasillos de ventilación y luz que pueden actuar también como puntos fijos de circulación.

Tipo C:

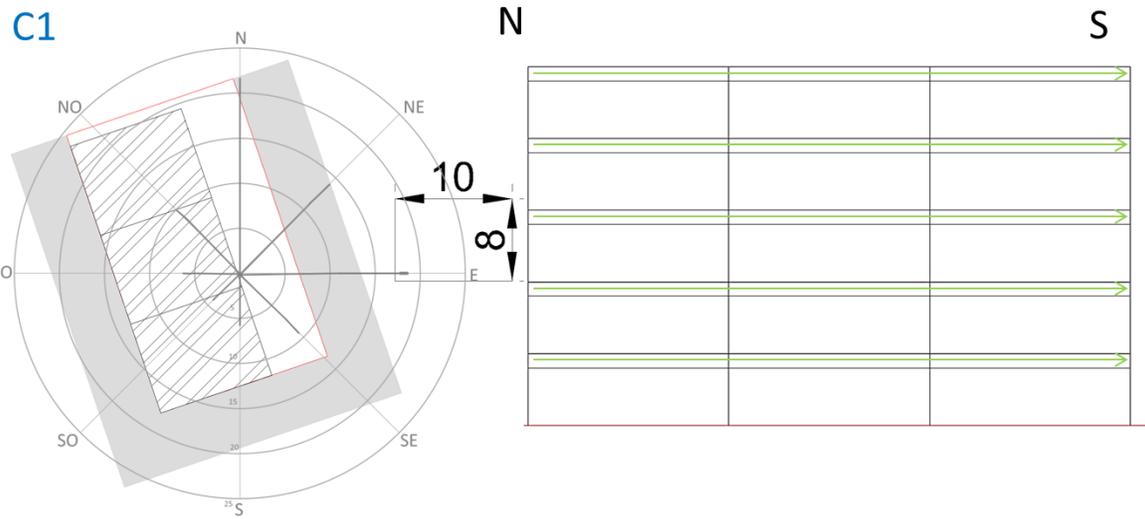


Figura 59. Análisis de forma y orientación C1

Fuente: Elaboración propia

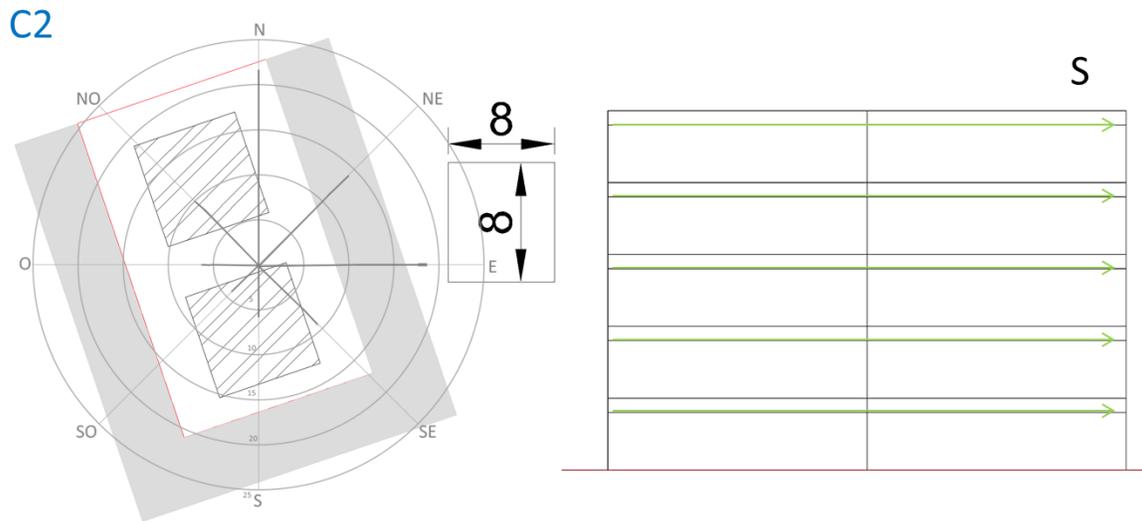


Figura 60. Análisis de forma y orientación C2

Fuente: Elaboración propia

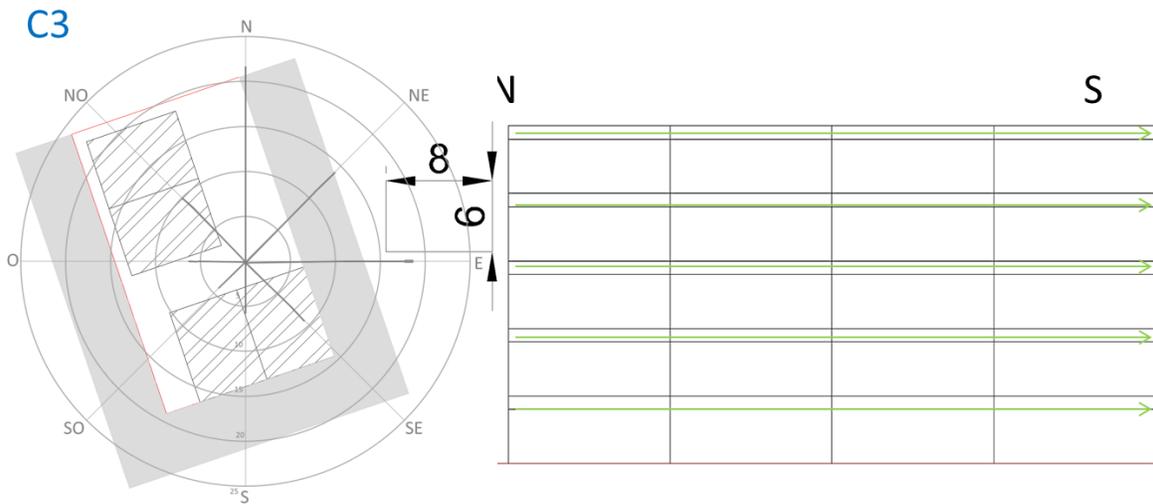


Figura 61. Análisis de forma y orientación C3

Fuente: Elaboración propia

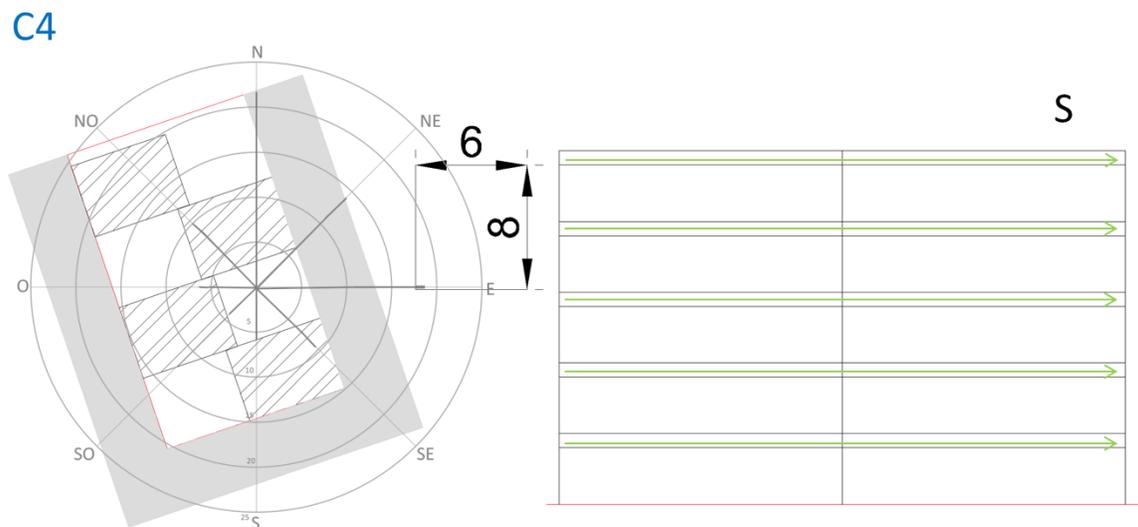


Figura 62. Análisis de forma y orientación C4

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en el análisis del tipo C, al ser el lote más restringido por su estrechez y estar completamente rodeado de vecinos lo que dificulta su ventilación y la entrada de luz solar en él, se buscó aprovechar el uso de vacíos que funcionen como patios de ventilación e iluminación, por esto las distribuciones se basaron en cómo organizar estos patios ya sea tomando todo un costado o de pequeño espacio pero más numerosos. La principal desventaja de este lote es su pequeño y rodeado espacio de trabajo que restringe mucho la

libertad de diseño en él, pero esto también es su ventaja ya que ayuda a la creación de espacios funcionales aprovechando al máximo su área como los patios antes mencionados.

6.4.3 ESTRATEGIAS EN EL TIPO DE LOTE SELECCIONADO - TIPO C

Gracias al análisis formal en cada tipología de lote se determinó que el tipo C es el adecuado para el desarrollo del proyecto, esto primeramente por que representa mejor la situación “no ideal” planteada, una ubicación rodeada de edificaciones con pocas posibilidades de ventilación y recepción de luz solar adecuada, las cuales solo pueden ser suministradas por la fachada delantera y la cubierta del lote, generando una situación que se repite mucho en los barrios de viviendas no solo en Villavicencio, además el correcto aprovechamiento de la implementación de patios funcionales da la posibilidad a diversos e interesantes diseños de vivienda multifamiliar en altura dentro de espacios complejos y reducidos.

Se realizaron variaciones de diseño de forma con diferentes dimensiones de vivienda entre los 6, 8 y 10 metros por lado para determinar cómo sería la distribución más eficiente en el espacio de trabajo en conjunto a los patios funcionales, además se desarrolló un corte en donde se ve la aplicación de estrategias que aporten al funcionamiento de las estrategias de diseño bioclimático especialmente centrados en cómo afectaría y como actuaría la ventilación e iluminación de todas las estancias, tomando esto como un eje principal para el desarrollo del proyecto.

CI:

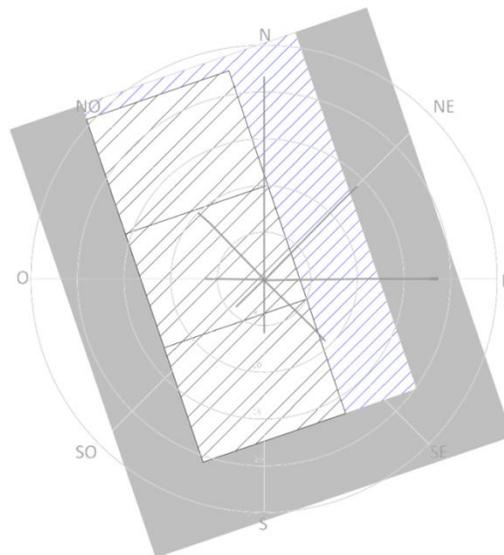


Figura 63. Análisis de llenos y vacíos para patio en CI

Fuente: Elaboración propia

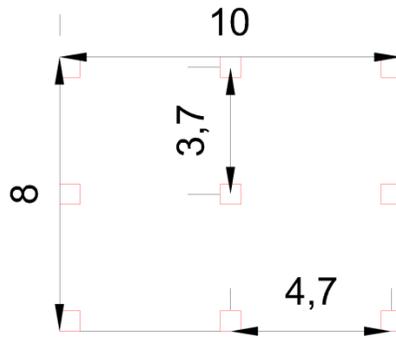


Figura 64. Análisis de estructura para vivienda en CI

Fuente: Elaboración propia

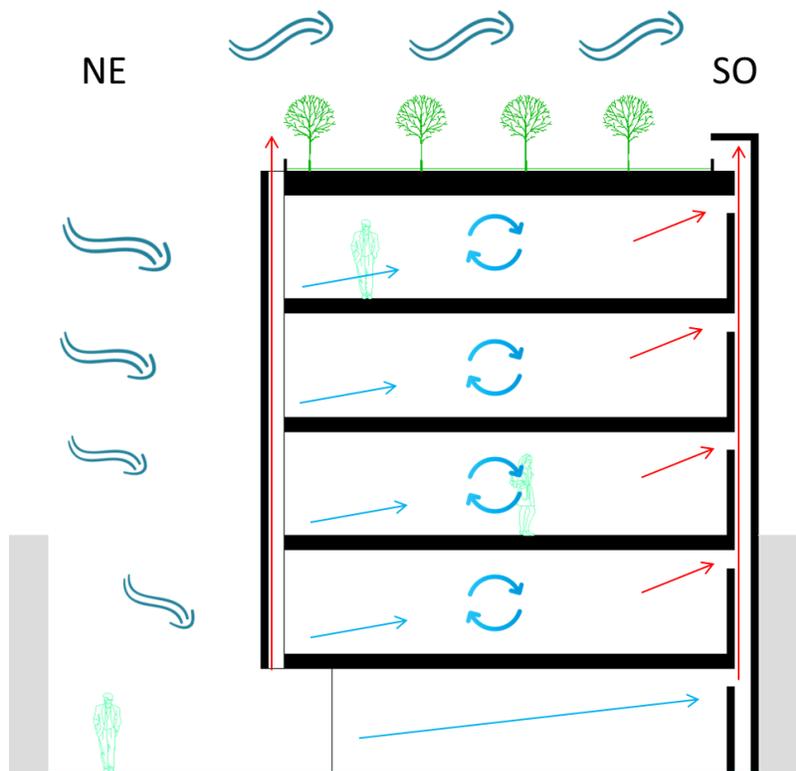


Figura 65. Análisis en corte de ventilación en CI

Fuente: Elaboración propia

En CI se planteó un pateo alargado que abarque de principio a fin el lote, con la edificación anexada al borde oeste, esto permite el ingreso de viento por la fachada este y crea un corredor que permite además de ventilar, el ingreso de luz a las viviendas, esto es apoyado por herramientas como un sistema de doble fachada que dirija el aire frío al interior y

expulse el caliente al exterior. Esto apoyado con una cubierta verde que impida el ingreso de calor por la cubierta del edificio. Las desventajas de este diseño son la incógnita de como iluminar la fachada oeste que golpea con la construcción vecina que aunque sea baja por el momento puede llegar a crecer en un futuro, otra desventaja es el peso que aporta una cubierta verde a la estructura de la edificación.

C2:

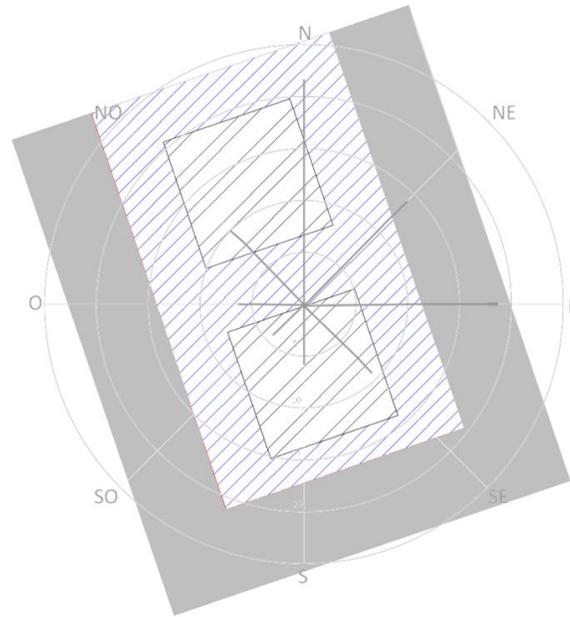


Figura 66. Análisis de llenos y vacíos para patio en C2

Fuente: Elaboración propia

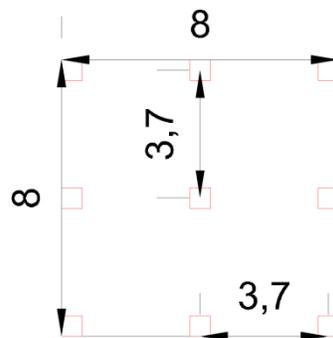


Figura 67. Análisis de estructura para vivienda en C2

Fuente: Elaboración propia

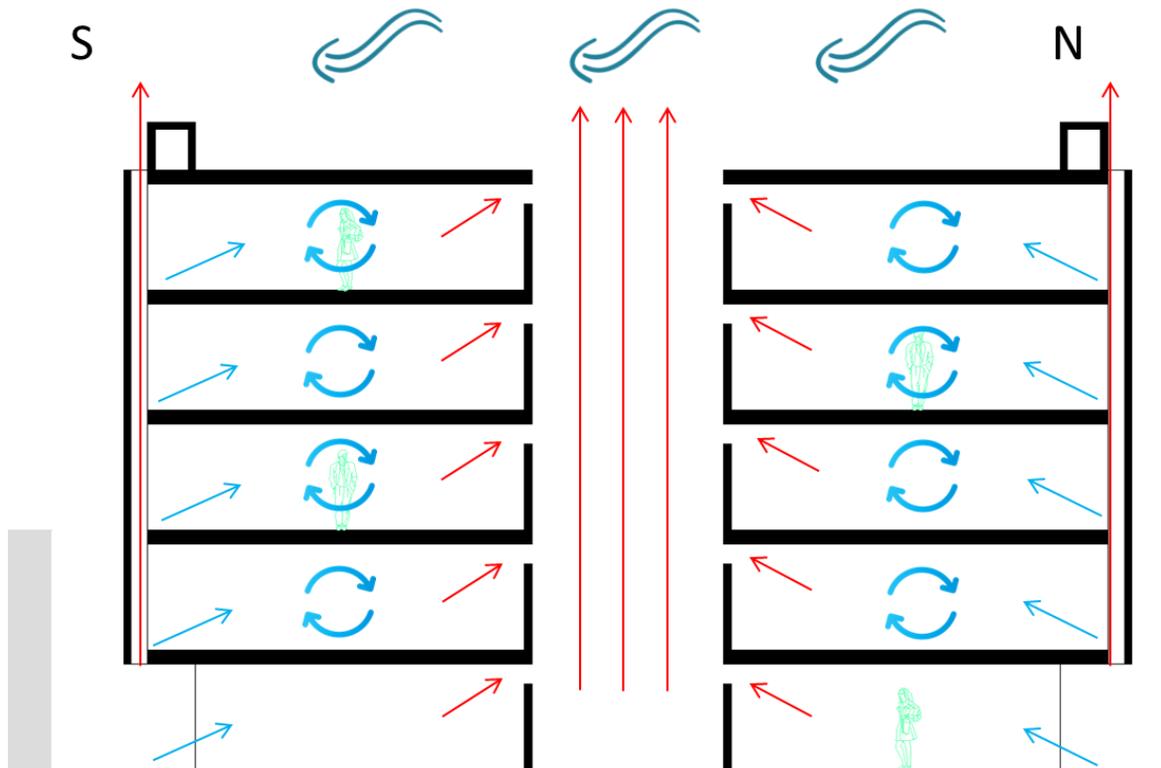


Figura 68. Análisis en corte de ventilación en C2

Fuente: Elaboración propia

En C2 se planteó dos torres de apartamentos unitarios por planta, dejando grandes vacíos en la planta que además de crear pasillos de ventilación e iluminación también se aprovechen para generar un efecto chimenea que entre las dos torres, y el uso de vegetación en las fachadas para la protección solar directa y la humidificación del viento que ingrese buscando un mejor confort térmico interno. La principal desventaja de este diseño es la reducción de módulos de vivienda en su interior siendo de 8 a 10 entre las dos torres.

C3:

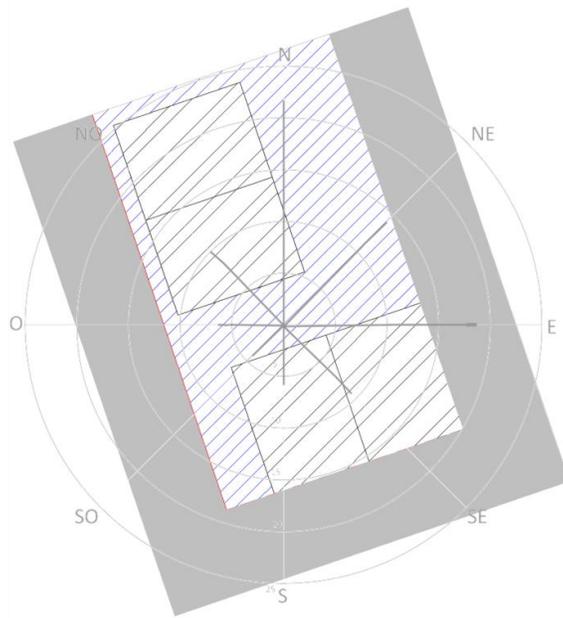


Figura 69. Análisis de llenos y vacíos para patio en C3

Fuente: Elaboración propia

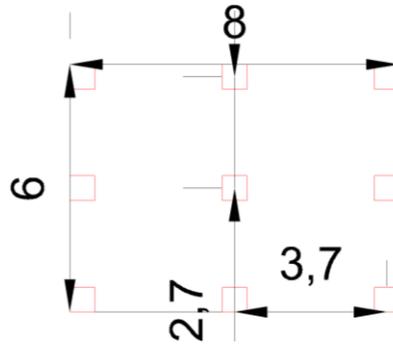


Figura 70. Análisis de estructura para vivienda en C3

Fuente: Elaboración propia

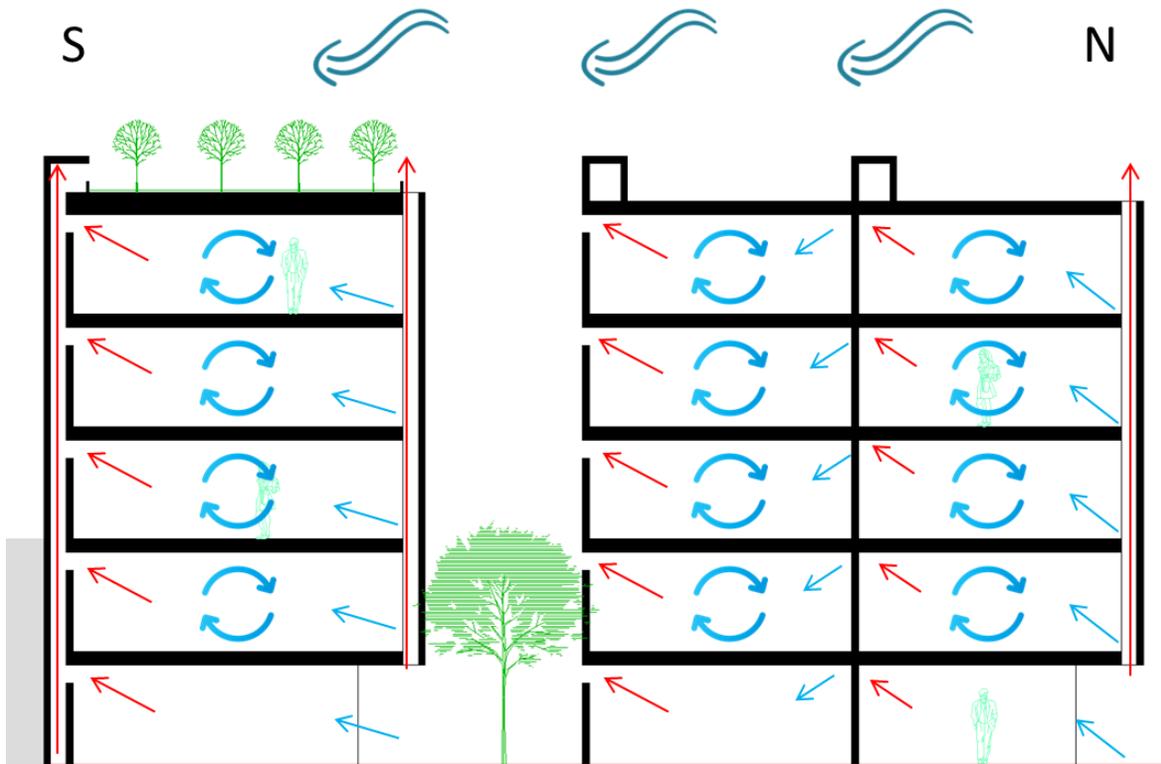


Figura 71. Análisis en corte de ventilación en C3

Fuente: Elaboración propia

En C3 se le dio diferentes orientaciones a dos bloques de dos módulos de vivienda por planta cada uno, esto para aprovechar al máximo el espacio y captar la mayor cantidad de viento y luz solar, además se genera un patio en forma de “Z” que apoye estos conceptos y ofrezca a su vez un circuito de circulación fija a lo largo del lote. Se plantea un sistema de torres captadoras en la cubierta de los bloques para el ingreso de viento a través de ductos mecanizados y la liberación de parte del aire caliente residual también por torres de extracción en cubierta. La principal desventaja de este diseño es el cómo iluminar ciertas estancias de la vivienda que se encuentran anexas a vecinos o a otro módulo de vivienda.

C4:

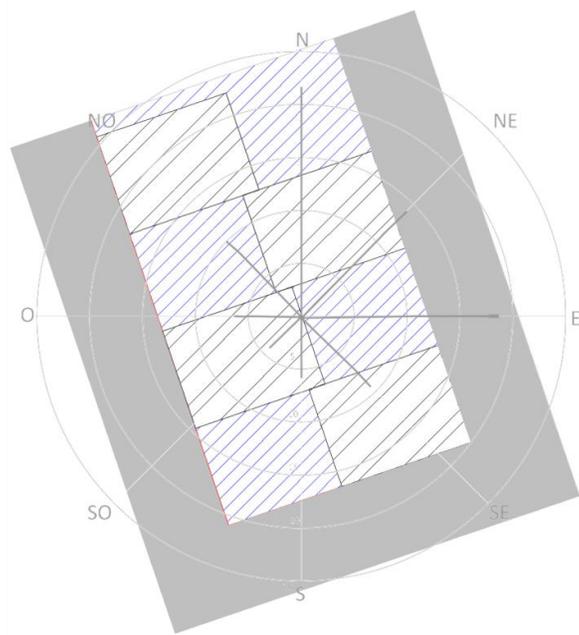


Figura 72. Análisis de llenos y vacíos para patio en C4

Fuente: Elaboración propia

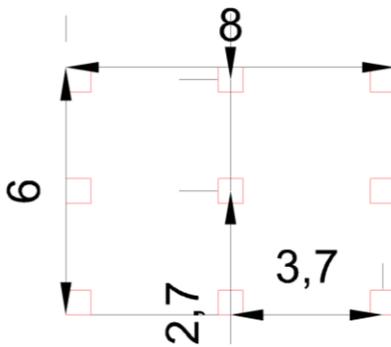


Figura 73. Análisis de estructura para vivienda en C4

Fuente: Elaboración propia

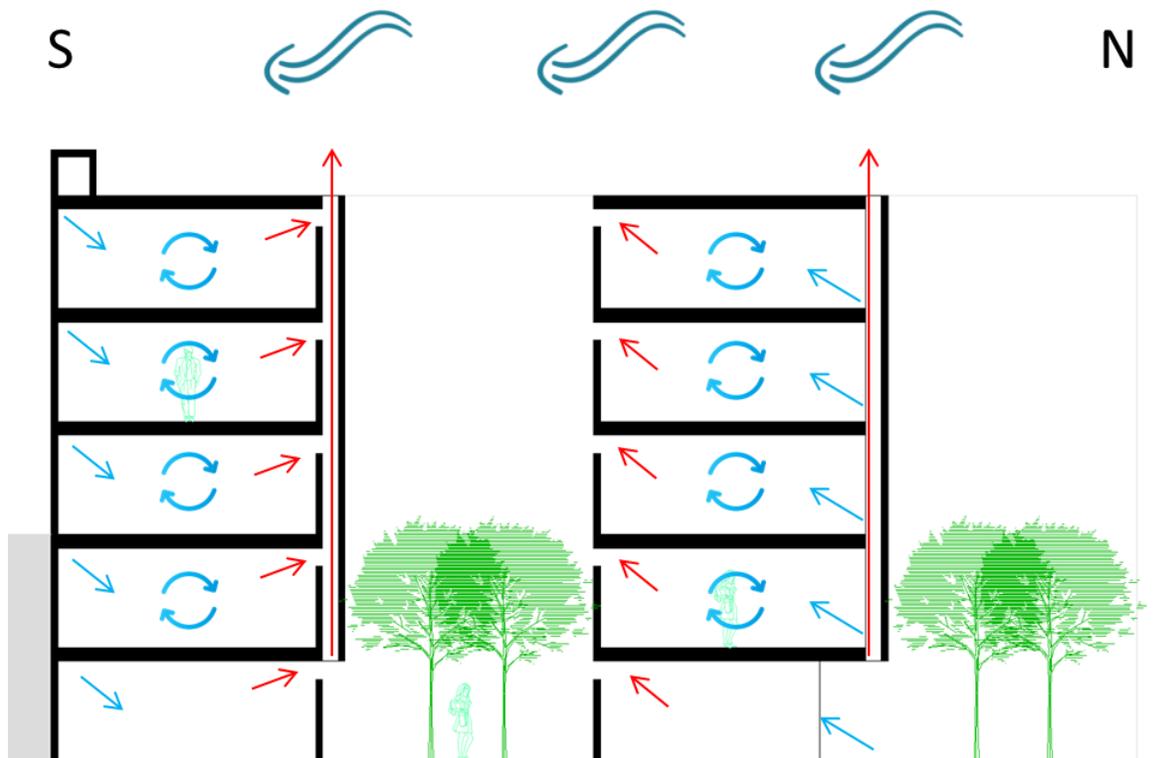


Figura 74. Análisis en corte de ventilación en C4

Fuente: Elaboración propia

En C4 se plantean 4 torres de vivienda repartidas en el lote con pequeños patios de ventilación e iluminación para su separación, este diseño se basa en la captación de vientos y luz solar a través de muros permeables que aprovechen los vacíos generados por los patios interiores. La principal desventaja de este diseño es la falta de claridad de como sería la circulación a través de él.

6.5 VARIACIONES DE FORMA, ORIENTACIÓN Y DISTRIBUCIONES INTERNAS EN EL TIPO DE LOTE SELECCIONADO - TIPO C

Se planteó y diseñó el cómo funcionan cada una de estas propuestas de organización de viviendas, principalmente evidenciando su funcionamiento interno de acuerdo al lugar donde se ubican en el lote, como se distribuirá su programa arquitectónico con respecto a sus fachadas abiertas a los vacíos/patios para la captación de iluminación y ventilación, y como estas se organizarían en el interior de los espacios.

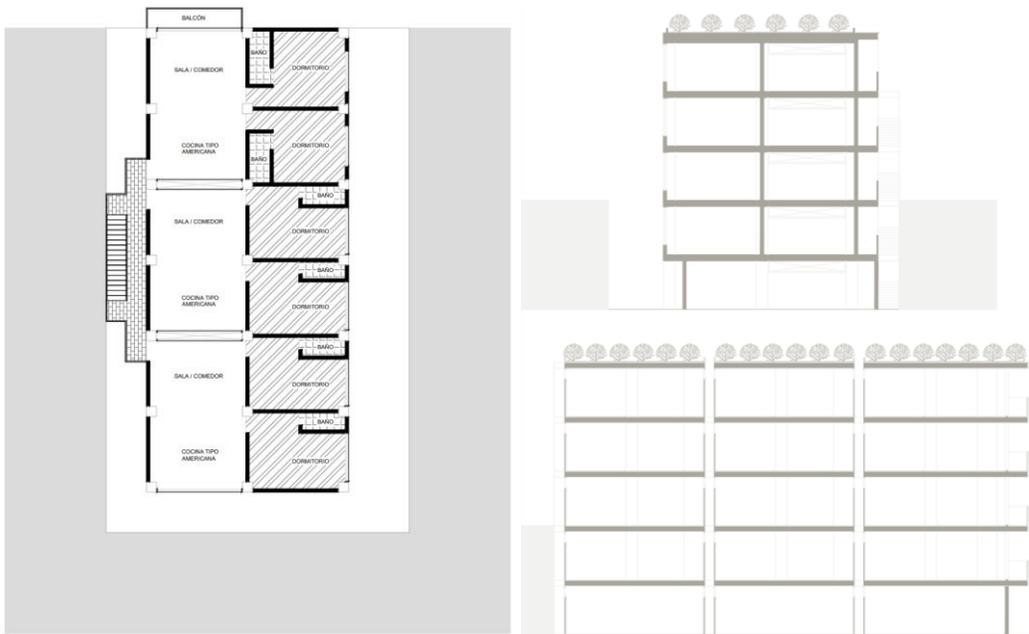


Figura 75. Programa arquitectónico y distribución - Tipo C1

Fuente: Elaboración propia

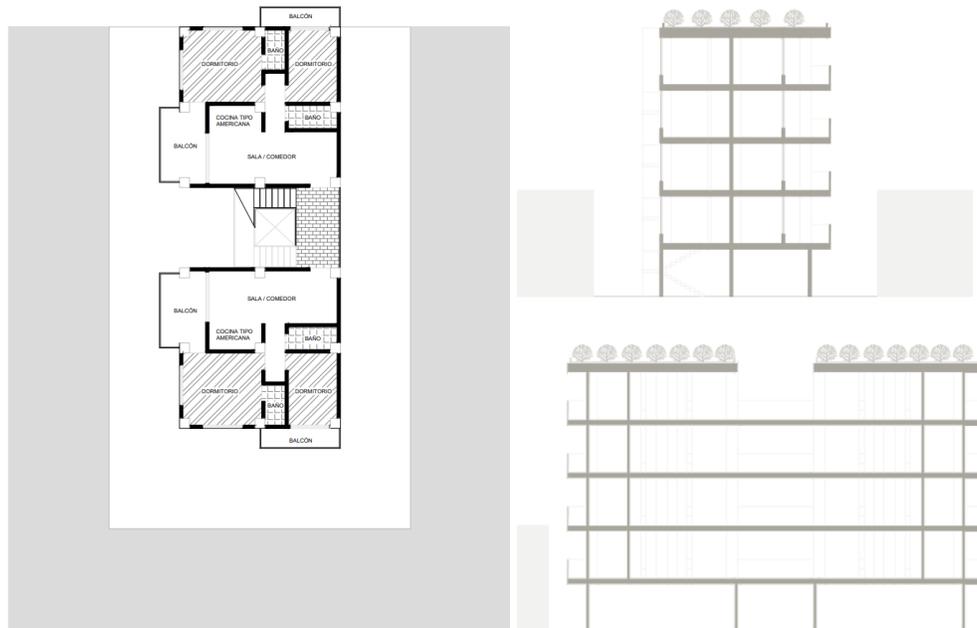


Figura 76. Programa arquitectónico y distribución - Tipo C2

Fuente: Elaboración propia

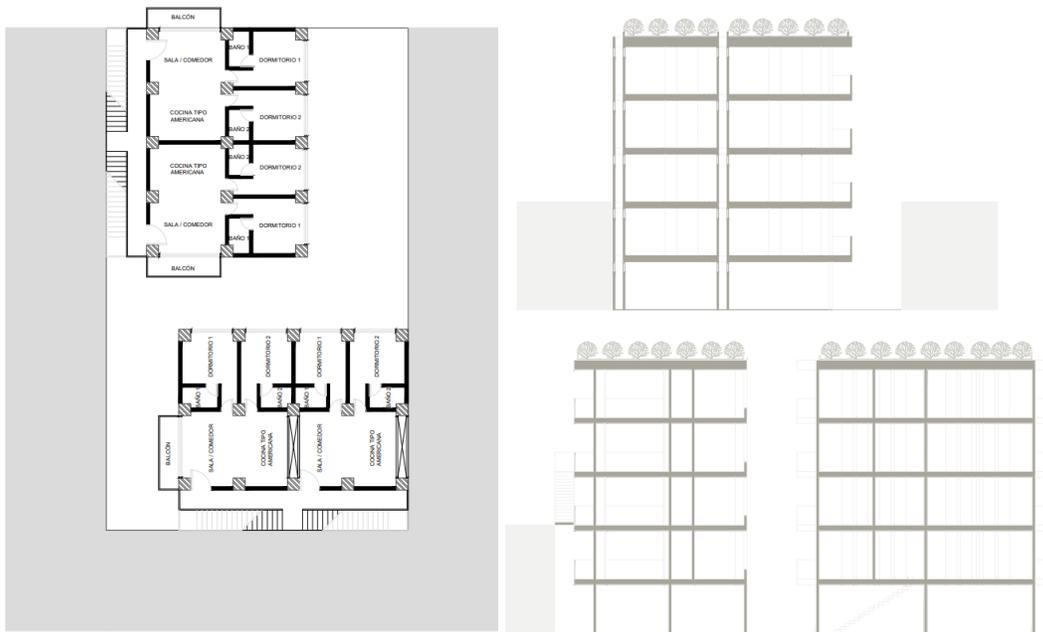


Figura 77. Programa arquitectónico y distribución - Tipo C3

Fuente: Elaboración propia

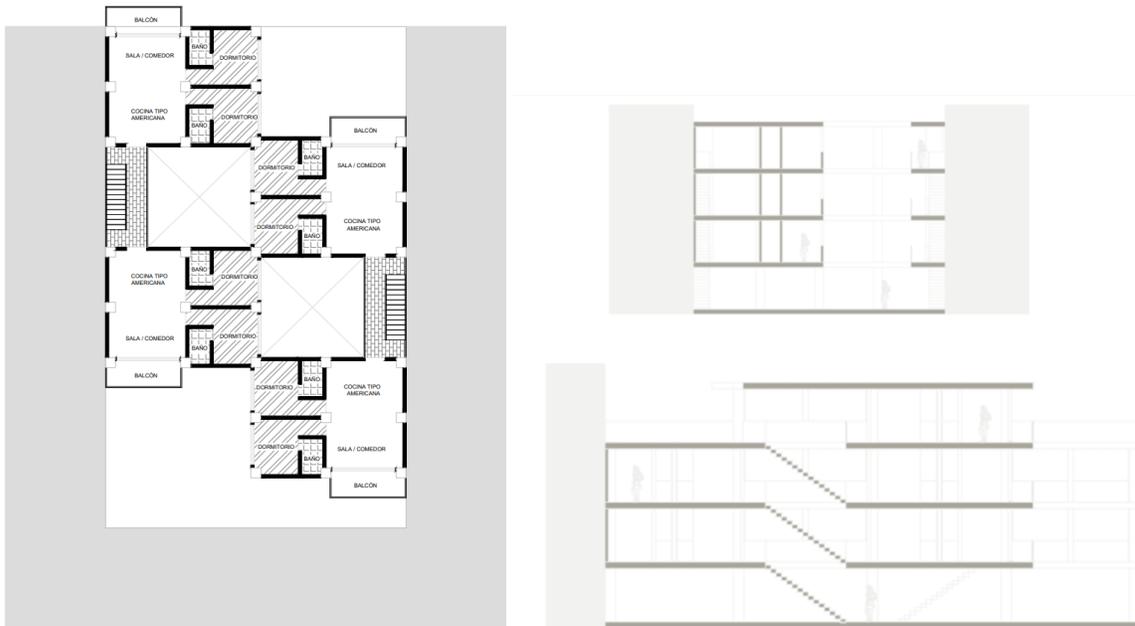


Figura 78. Programa arquitectónico y distribución - Tipo C4

Fuente: Elaboración propia

Gracias esto se llegó a la conclusión de utilizar la organización tipo C4 porque es la opción que ilumina y ventila más eficazmente cada una de las estancias dentro de las torres de vivienda, además de aprovechar de mejor medida el espacio del lote.

6.6 VARIACIONES DE DISEÑOS Y COMPOSICIONES, INTERNAS Y EXTERNAS EN EL MODELO DE ORGANIZACIÓN SELECCIONADO - TIPO C4

Con el tipo de organización ya seleccionada se desarrollaron variaciones en el diseño y la composición de la elección, jugando con el tamaño de los patios, el tamaño y la orientación de las viviendas, y finalmente incluyendo la estructura y como está altera el diseño propuesto.

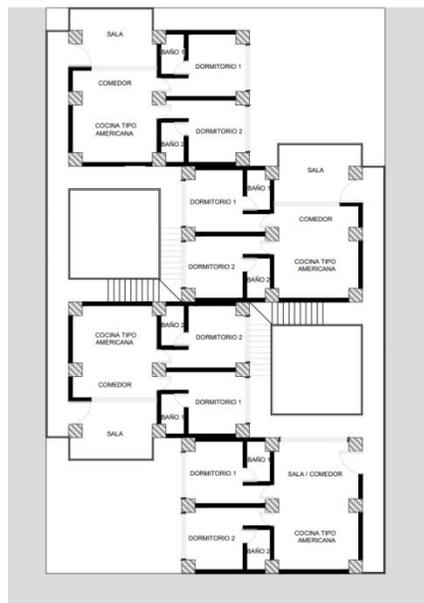


Figura 79. Variación 1 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

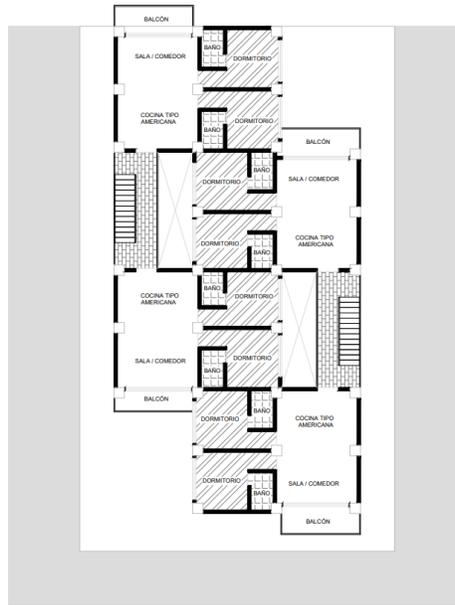


Figura 80. Variación 2 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

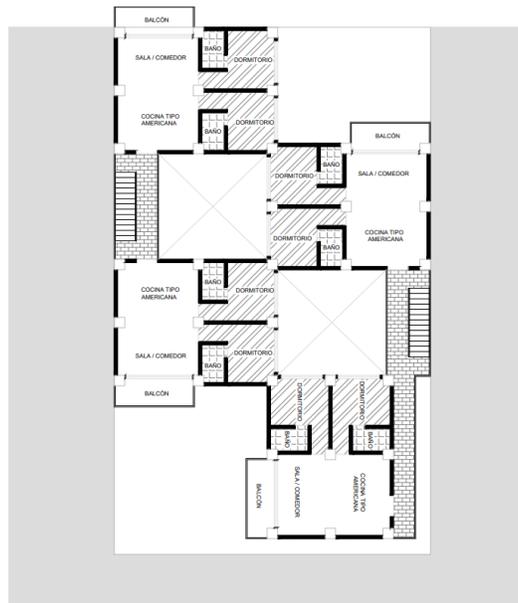


Figura 81. Variación 3 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

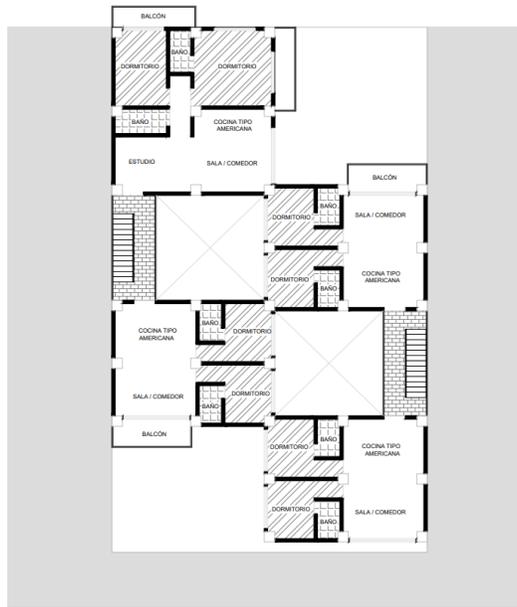


Figura 82. Variación 4 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

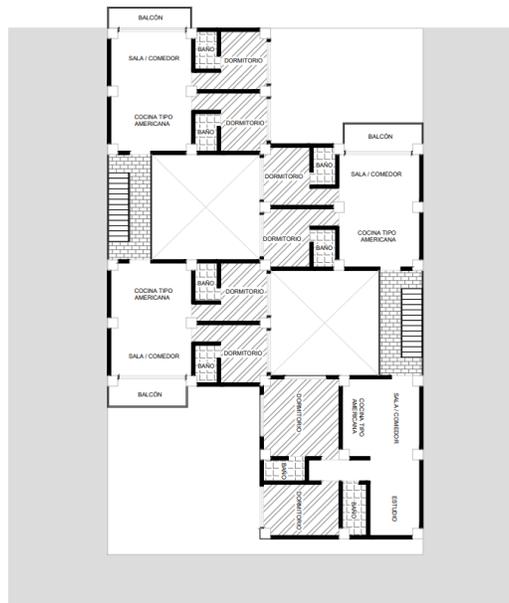


Figura 83. Variación 5 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

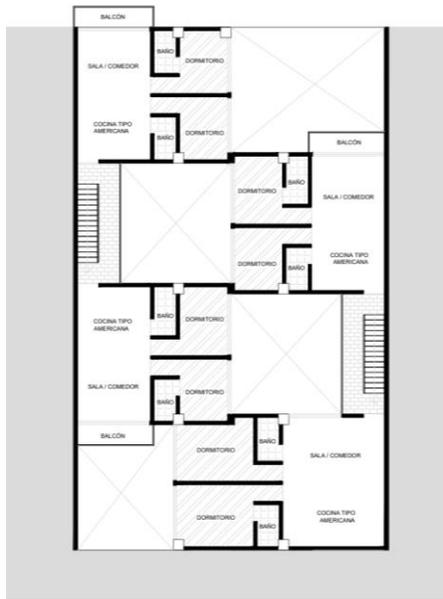


Figura 84. Variación 6 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

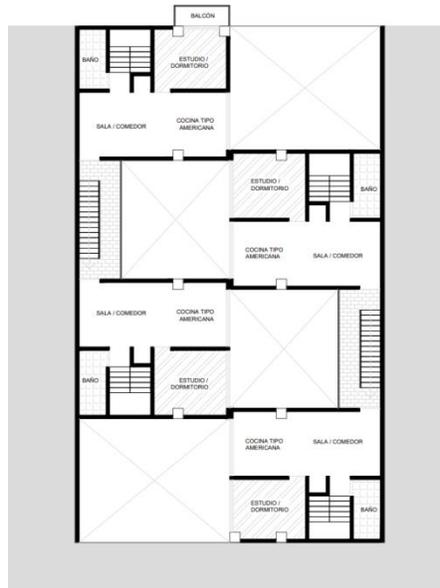


Figura 85. Variación 7 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

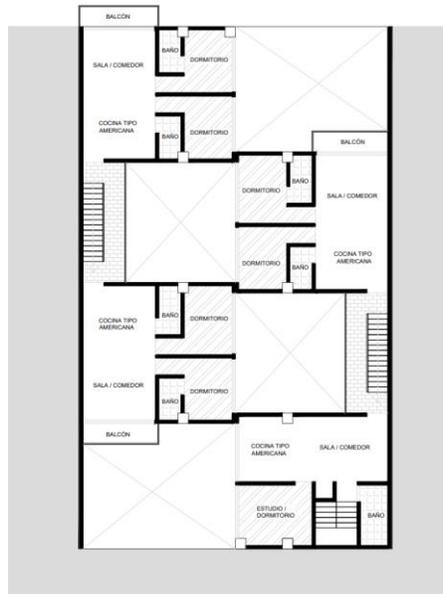


Figura 86. Variación 8 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

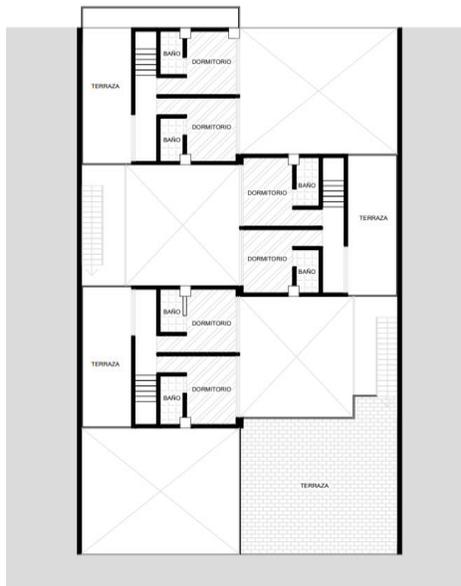


Figura 87. Variación 9 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

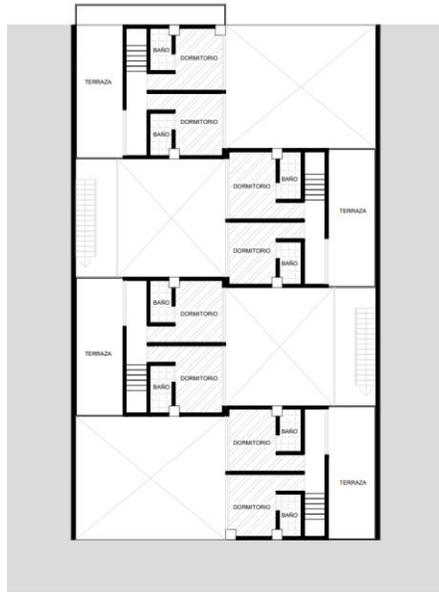


Figura 88. Variación 10 de espacios/vacíos/circulaciones en propuesta

Fuente: Elaboración propia

En un principio se quería llegar al máximo de pisos construidos permitidos por norma que en este caso son 5, aprovechando al máximo el espacio del pequeño lote, pero el índice de construcción de 1.5 no lo permite, por esto se optó por una construcción de 4 pisos con terrazas en diferentes niveles para aprovechar todo el espacio posible, aun cumpliendo la normativa de construcción.

6.7 ESQUEMA BÁSICO DE PROYECTO

Así llegamos al diseño básico final del proyecto, con un diseño centrado en los patios como el eje jerárquico de la composición, para generar espacios bien ventilados e iluminados. Cada piso del proyecto posee una disposición diferente de sus estancias, y terrazas verdes en distintos niveles que protejan el proyecto de la incidencia de sol directa que en Colombia golpea principalmente las cubiertas.

La estructura son 3 naves longitudinales de 5 metros de ancho cada una, el primer piso posee la función de ser una cámara de aire frío para las torres de vivienda al estar cubierto todo el tiempo, y las torres de vivienda cuentan con dos tipologías de apartamentos, los unitarios y los dúplex, esto para adecuarse a los distintos núcleos familiares que puedan ocuparlos, su programa arquitectónico varía de acuerdo al sector del lote en dónde está ubicado, además de aprovechar en mejor medida el espacio reducido.

6.7.1 PRIMER PISO

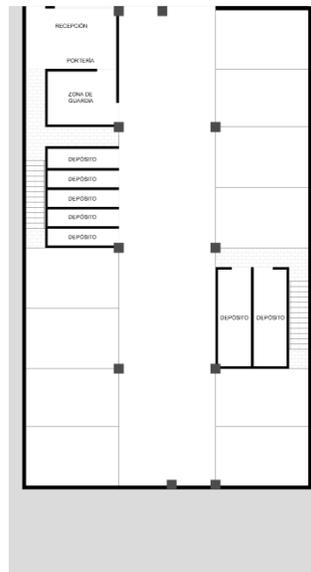


Figura 89. Primer piso en esquema básico de proyecto

Fuente: Elaboración propia

6.7.2 SEGUNDO PISO

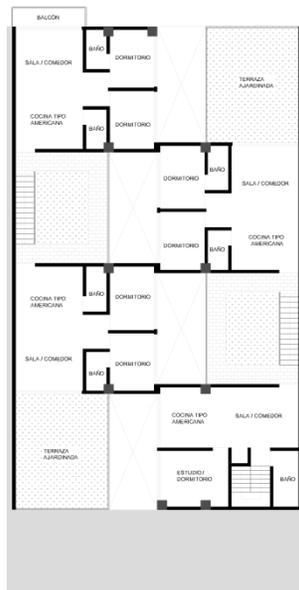


Figura 90. Segundo piso en esquema básico de proyecto

Fuente: Elaboración propia

6.7.3 TERCER PISO

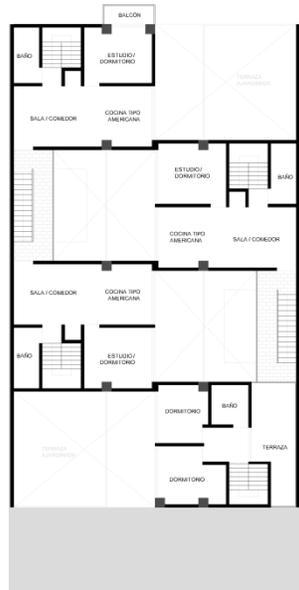


Figura 91. Tercer piso en esquema básico de proyecto

Fuente: Elaboración propia

6.7.4 CUARTO PISO

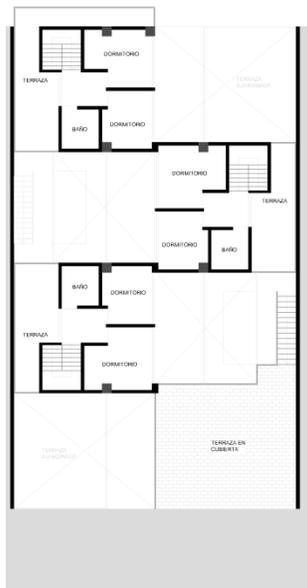


Figura 92. Cuarto piso en esquema básico de proyecto

Fuente: Elaboración propia

6.7.5 CORTES A PROYECTO

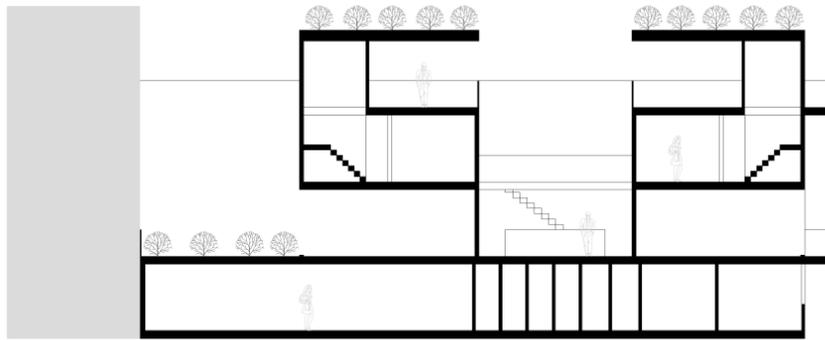


Figura 93. Corte a viviendas tipo dúplex y terrazas del segundo nivel

Fuente: Elaboración propia

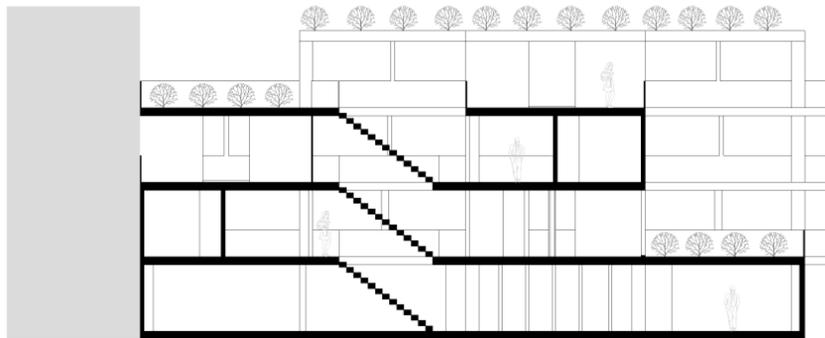


Figura 94. Corte a circulaciones generales del proyecto

Fuente: Elaboración propia

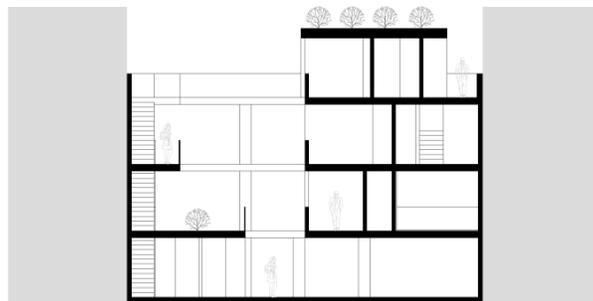


Figura 95. Corte a patios y terrazas de los diferentes niveles

Fuente: Elaboración propia

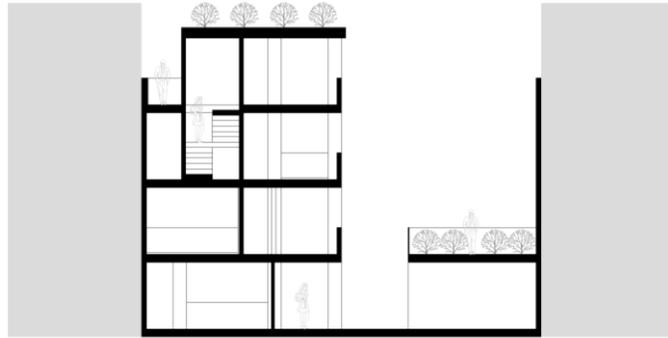


Figura 96. Corte a torre de vivienda y su relación con las terrazas/patios

Fuente: Elaboración propia

6.7.6 VISTAS ISOMÉTRICAS DE PROYECTO

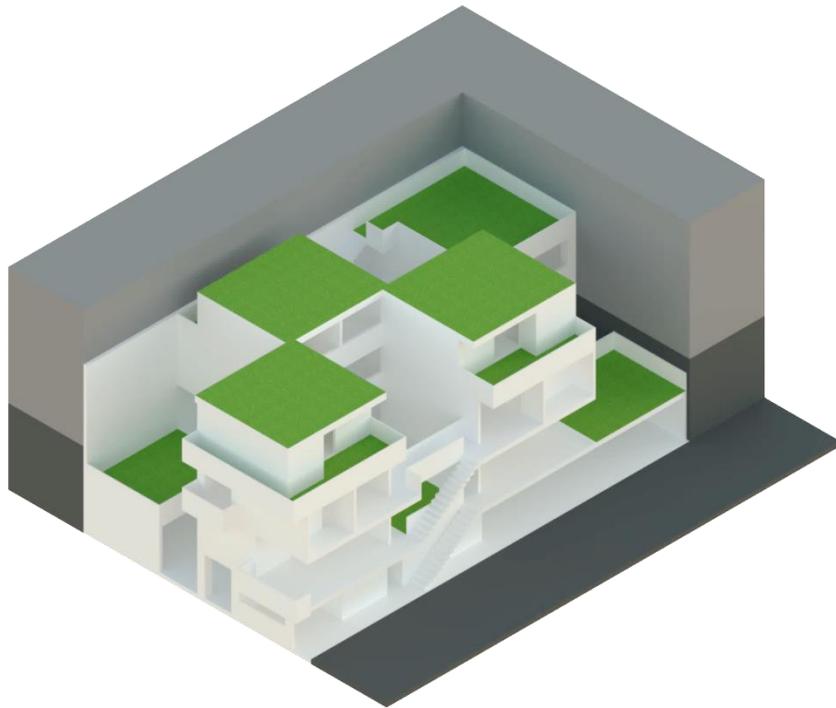


Figura 97. Vista isométrica NO

Fuente: Elaboración propia

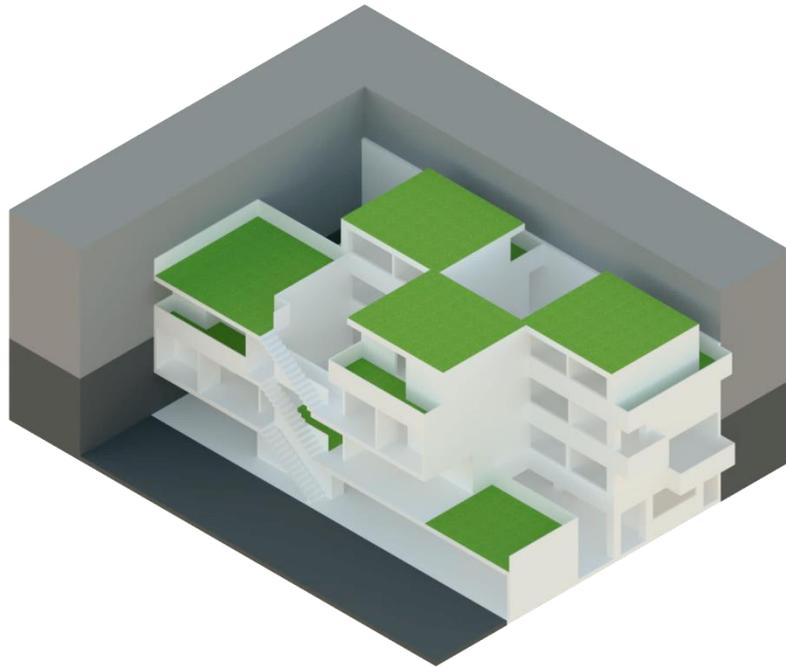


Figura 98. Vista isométrica NE

Fuente: Elaboración propia

Se desarrollan dos vistas isométricas para evidenciar la complejidad del volumen y la relación entre las terrazas, la cubierta ajardinada que se resaltan en verde, con los bloques de vivienda y los vacíos que son el eje jerárquico de la propuesta. El contexto más oscuro representa el estado actual de los vecinos y el más gris es la proyección de cómo pueden estos crecer en un futuro y cómo afectaría al proyecto.

6.8 ANTEPROYECTO

6.8.1 AMUEBLAMIENTO DE ESQUEMA BÁSICO / COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE TODOS LOS ESPACIOS

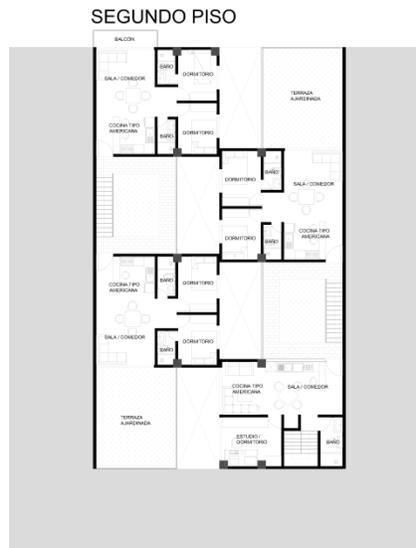


Figura 99. Amueblamiento de segundo piso

Fuente: Elaboración propia

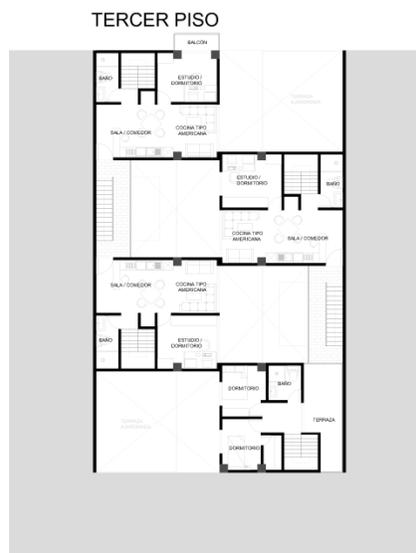


Figura 100. Amueblamiento de tercer piso

Fuente: Elaboración propia

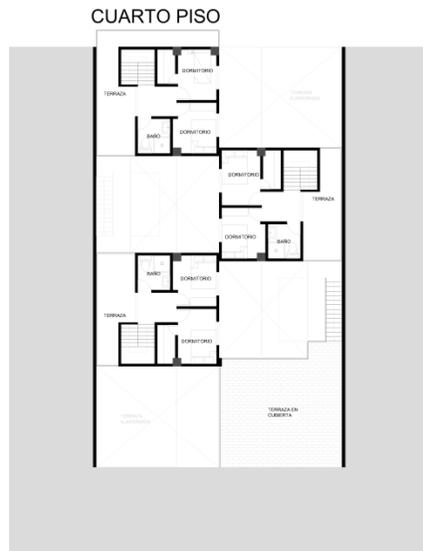


Figura 101. Amueblamiento de cuarto piso

Fuente: Elaboración propia

Se amoblaron todos los espacios del proyecto para verificar que el programa arquitectónico propuesto cumpliera con las funciones asignadas en cada estancia, y denotar los errores en el diseño de estancias específicas.

6.8.2 PRUEBA DE MATERIALIDAD EN CORTES ESTRUCTURALES

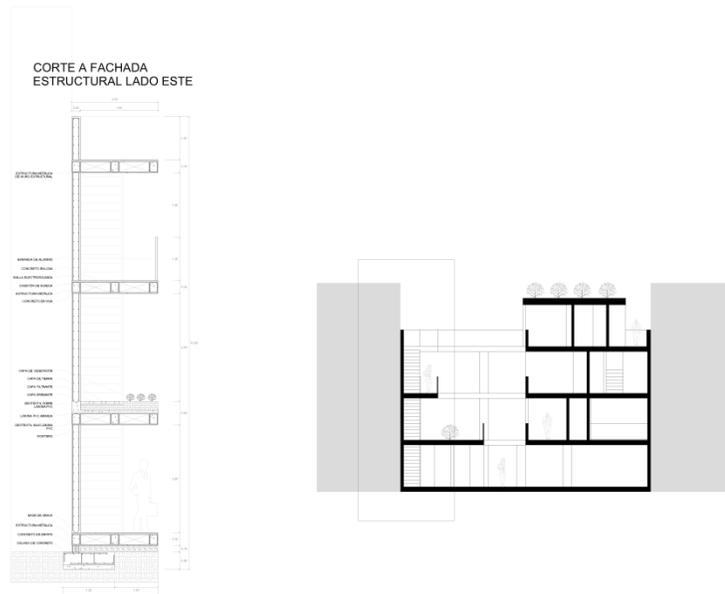


Figura 102. Corte estructural a fachada lado este

Fuente: Elaboración propia

6.8.3 CORRECCIÓN DE ESTRUCTURA - GENERACIÓN DE LA CIMENTACIÓN

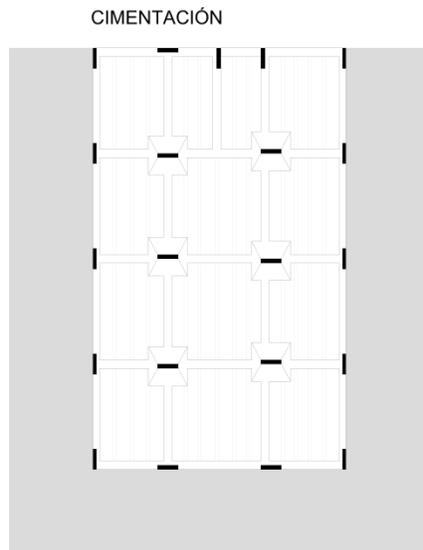


Figura 104. Planta de cimentación

Fuente: Elaboración propia

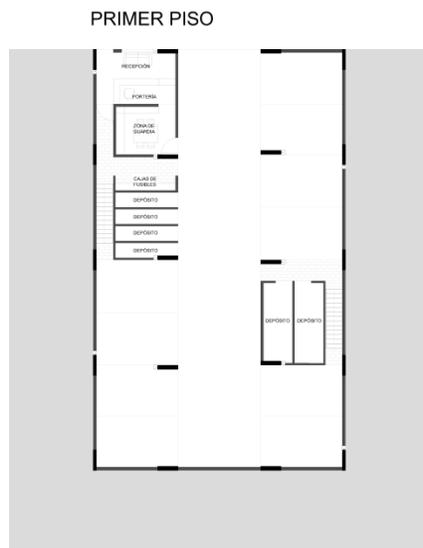


Figura 105. Cambio estructural en primer piso

Fuente: Elaboración propia

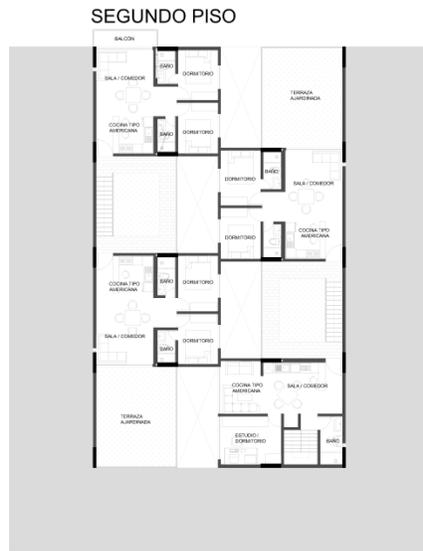


Figura 106. Cambio estructural en segundo piso

Fuente: Elaboración propia

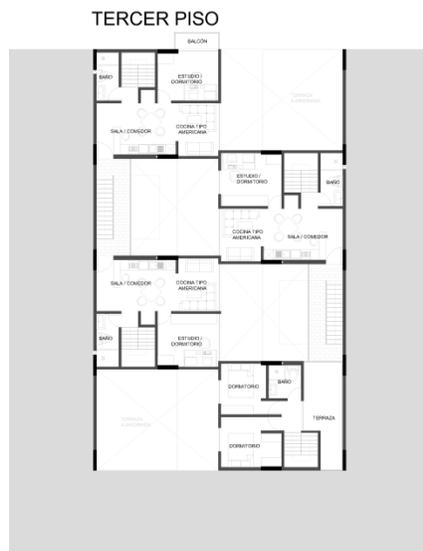


Figura 107. Cambio estructural en tercer piso

Fuente: Elaboración propia

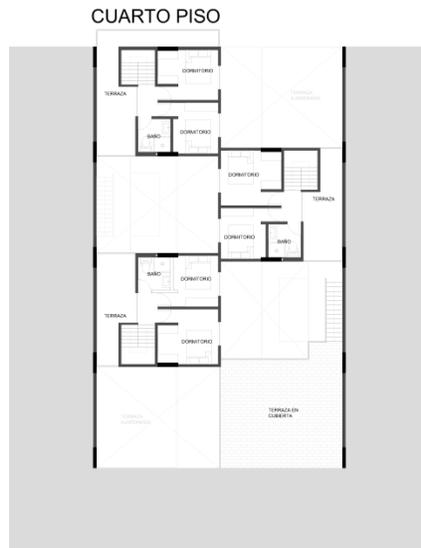


Figura 108. Cambio estructural en cuarto piso

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolla una corrección a la estructura ya que se planteaban columnas cuadradas que sobresalían de los muros que creaban incomodidad o rompían los espacios, estas son cambiadas por columnas rectangulares de las mismas dimensiones, que se escondan dentro de los muros, estas columnas se posicionan en ambos sentidos tanto vertical como horizontal, esto con el objetivo de soportar los movimientos sísmicos. Prosiguiendo se genera la cimentación de zapatas unidas por una viga de cimentación que rodea el perímetro del lote. Como no se busca excavar mucho en el lote, las zapatas se colocan justo debajo del relleno y una placa muy delgada de concreto (20 cm).

6.8.4 DISEÑO FINAL DE ANTE-PROYECTO

PRIMER PISO

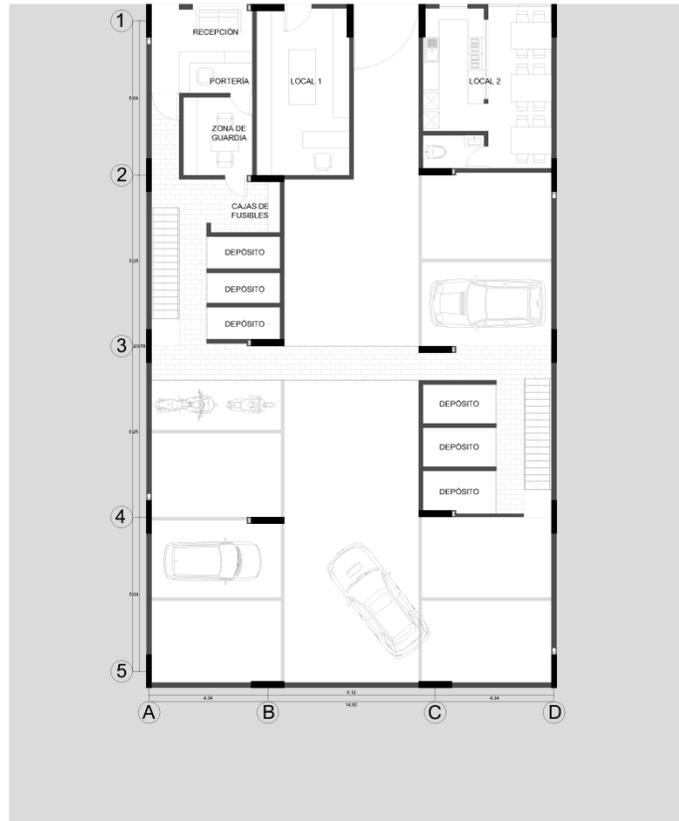


Figura 109. Diseño final de ante-proyecto en primer piso

Fuente: Elaboración propia

El primer piso posee un uso de parqueaderos, la entrada en el centro del lote y cuenta con 7 espacios, uno para cada vivienda y uno extra para motos. La entrada peatonal se encuentra por la esquina superior izquierda, la cual conecta con la portería, la zona para guardias, la caja de fusibles del proyecto y el punto fijo para las torres de vivienda ubicadas a la izquierda del proyecto, este además viene acompañado por depósitos, al otro costado se encuentra el punto fijo para las torres de la derecha y otros depósitos un poco más grandes. En la zona frontal se generan dos negocios uno para comercio y otro más grande para actividades como restaurante o cafetería.

En el diseño se buscó la menor cantidad de divisiones posibles, ya que también tiene la función de ser una cámara de aire frío para el proyecto al estar siempre expuesto a la sombra.

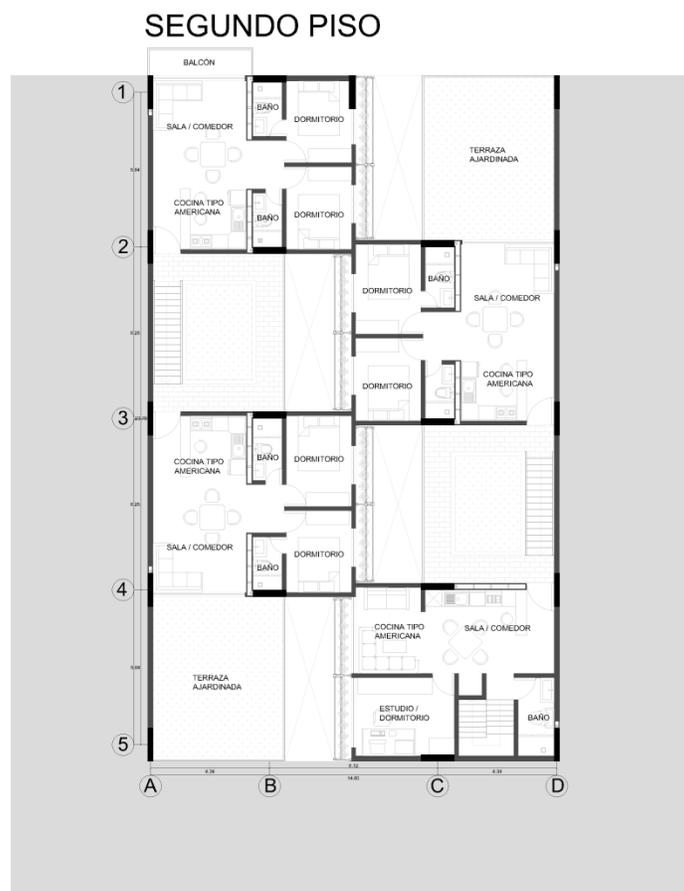


Figura 110. Diseño final de ante-proyecto en segundo piso

Fuente: Elaboración propia

En segundo piso empiezan las unidades de vivienda, las tres superiores son apartamentos unifamiliares, y su programa arquitectónico se divide entre espacios con usos flexibles y espacios determinados, en este caso se divide en mitades, con la zona de espacios flexibles una sala/comedor y una cocina tipo americana, y al otro lado los dormitorios con un baño privado en una de las habitaciones y un baño que se abre hacia lo social. Esto se diseñó siempre buscando la menor cantidad de divisiones internas para que la iluminación y la ventilación llegaran a cada uno de los espacios sin problema.

Las dos viviendas de las esquinas opuestas cuentan con una terraza ajardinada privada que tiene la función de cubierta a los parqueaderos, igualmente el descanso de la escalera también se amplía por este motivo, pero siempre dejando un espacio entre la terraza y la torre de vivienda en la que entre la iluminación al parqueadero y el aire frío de este pueda ingresar a las torres de vivienda.

Finalmente en el apartamento del fondo se decidió diseñar una vivienda dúplex, ya que al estar adyacente con la edificación trasera se dificulta la iluminación y ventilación de esta, así se que se tomó la consideración de distribuir los espacios en dos plantas, con una sala/comedor, una cocina tipo americana, un estudio que puede ser transformado en dormitorio de ser necesario y un baño en este primer piso.

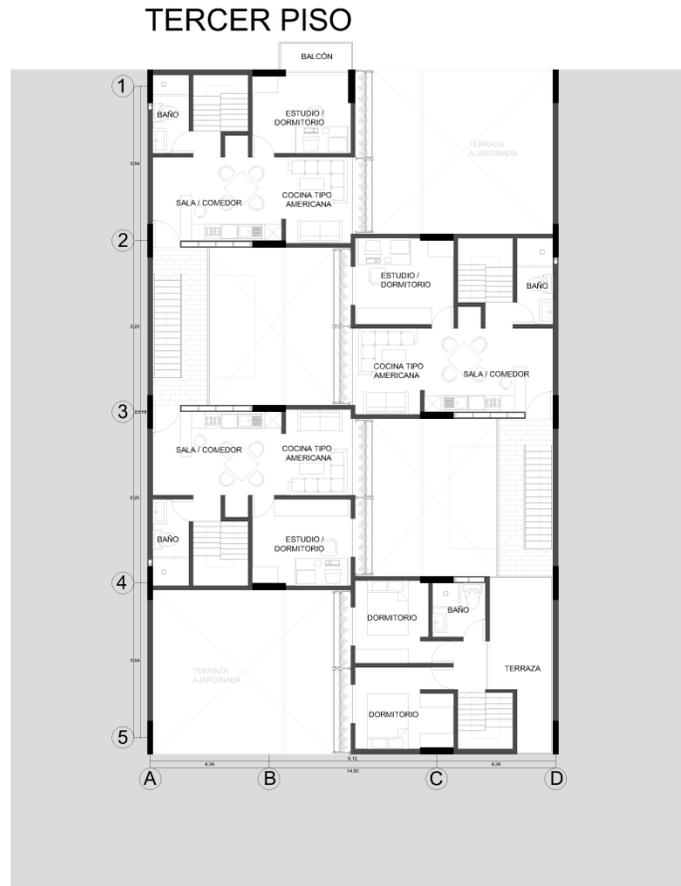


Figura 111. Diseño final de ante-proyecto en tercer piso

Fuente: Elaboración propia

En el tercer piso todos los apartamentos se vuelven dúplex para generar viviendas de mayor tamaño, el descanso de la escalera y el pasillo se reducen para que el patio interno crezca y proporcione un mejor ingreso de la iluminación y la ventilación, y la vivienda del fondo llega a su segundo nivel con dos dormitorios y un baño social compartido por los dos además de una terraza privada al costado de la escalera. Las viviendas también cuentan con muros de distintos grosores para la implementación de las instalaciones de servicios y bajantes.

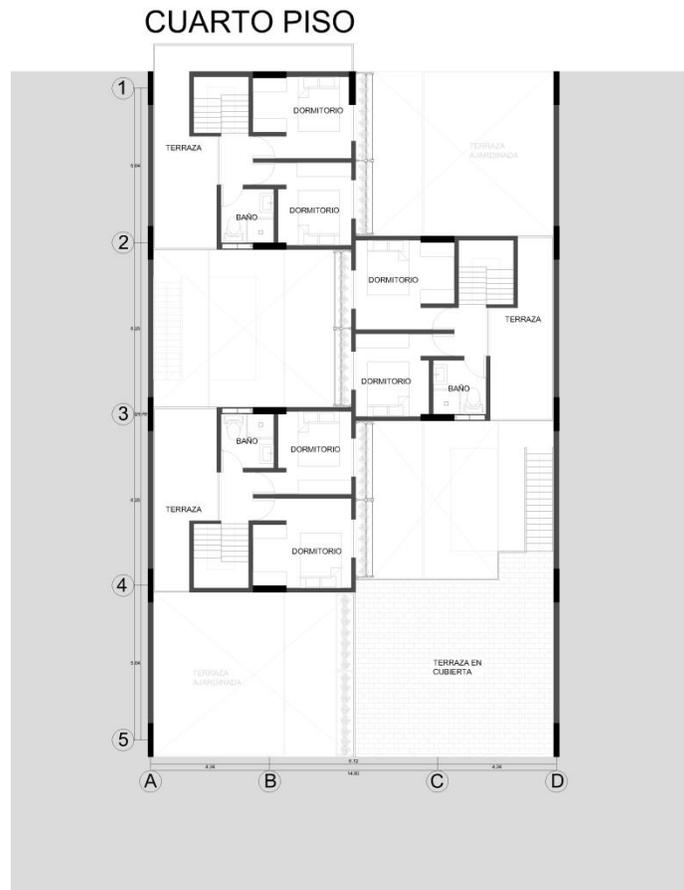


Figura 112. Diseño final de ante-proyecto en cuarto piso

Fuente: Elaboración propia

En el cuarto y último piso todas las viviendas dúplex terminan su segundo nivel, cada una con su propia terraza privada en altura, la escalera del costado izquierdo finaliza en el tercer piso al no ser necesaria para los dúplex dándole más espacio al patio interno, y como la vivienda del fondo termino en el piso anterior, en esta se propone una terraza comunal en cubierta sobre ella.

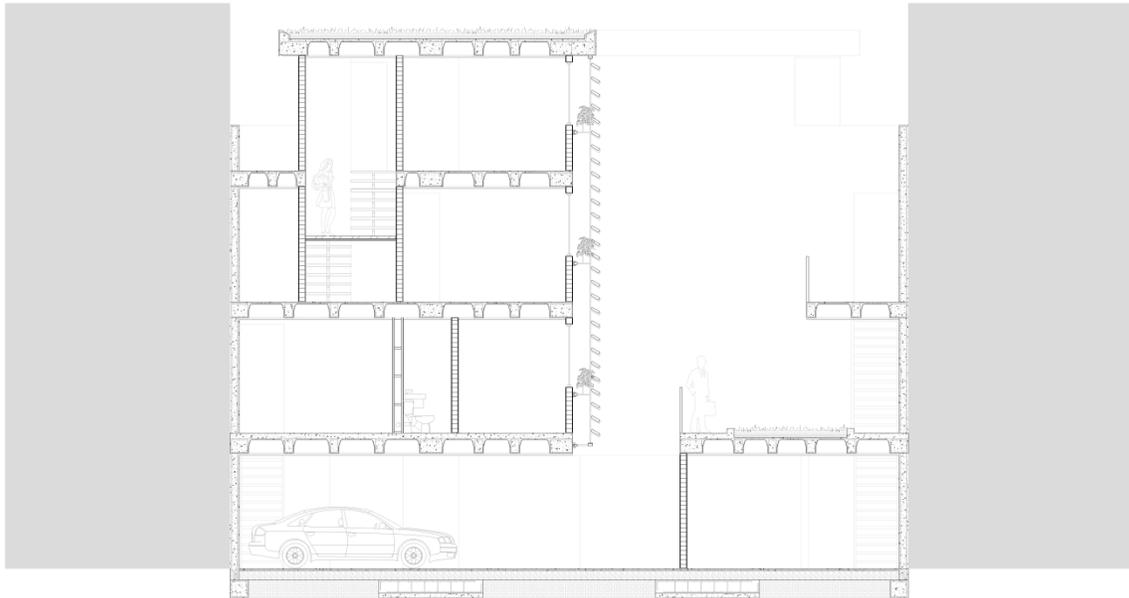


Figura 113. Corte transversal a estructura y bioclimática

Fuente: Elaboración propia

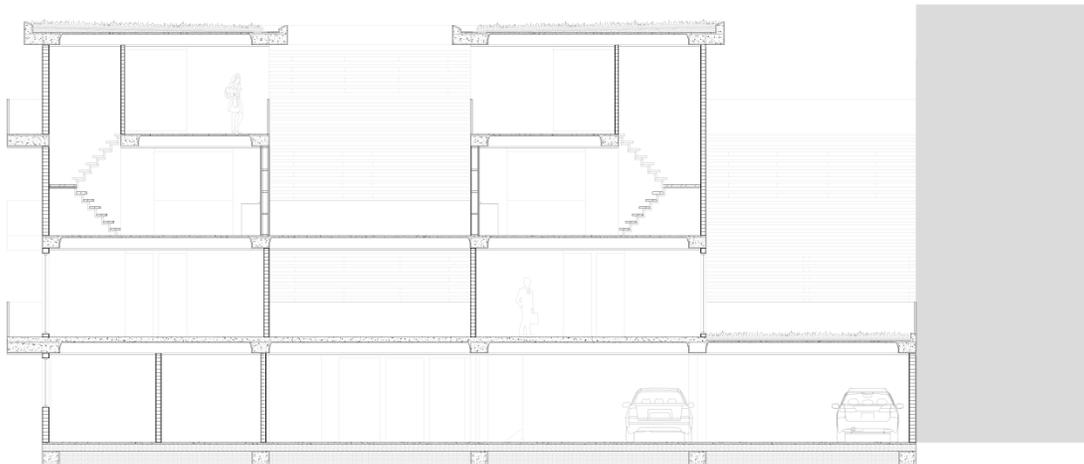


Figura 114. Corte transversal a estructura y bioclimática

Fuente: Elaboración propia

Para explicar mejor la relación entre las torres de vivienda con los vacíos y como estos se amplían a medida que el proyecto crece, se desarrollaron dos cortes estructurales dónde también se evidencia el sistema constructivo de los muros, placas y escaleras. Pero sobre todo para demostrar cómo se construyen e implementan las demás estrategias bioclimáticas en el proyecto. Con un sistema de doble fachada que además de proteger de



Figura 117. Plano de redes de servicios en tercer piso

Fuente: Elaboración propia



Figura 118. Plano de redes de servicios en cuarto piso

Fuente: Elaboración propia

También se planteó el cómo se implementarían las redes de servicios, dígame agua, electricidad y gas, además de las bajantes de aguas lluvias y desagües, todo se implementa por los muros huecos planteados anteriormente.

7 PROYECTO

Ya en la fase de proyecto se plantea desarrollar un CFD o Análisis de dinámica de fluidos computacional, con el objetivo de demostrar cómo se comporta el aire al interior del diseño planteado. Para esto se desarrolla una exploración de diversos software de análisis, buscando encontrar el que resuelva más eficazmente la simulación y ofrezca resultados reales de los entornos del proyecto. Ya con los resultados determinar si existe una mejora en el confort higro-térmico interno con respecto a un diseño de edificio convencional, y desarrollar cambios en el diseño propuesto de acuerdo a lo evidenciado en el análisis.

7.1 ANÁLISIS DE DINÁMICA DE FLUIDOS - CFD

¿Qué es un programa para el análisis de dinámica de fluidos?

La dinámica de fluidos computacional (CFD) es un enfoque de simulación que emplea la simulación numérica y algorítmica para el análisis de fenómenos relacionados con el comportamiento de fluidos en diferentes situaciones. La simulación CFD se utiliza para analizar fenómenos térmicos y de fluidos complejos, incluyendo transferencias de calor, reacciones químicas, turbulencia, aeroacústica y combustiones. El CFD es fundamental para garantizar la calidad y la seguridad de los productos.

Autodesk CFD

El software Autodesk CFD (Computational Fluid Dynamics) puede crear simulaciones de dinámica de fluidos computacional para predecir de forma inteligente el comportamiento de líquidos y gases. Con el software CFD, se puede:

- Diseñar sistemas con información sobre fluidos, temperatura y movimiento.
- Analizar la transferencia de calor.
- Simulación del flujo de fluidos y su movimiento en superficies y espacios libres.
- Análisis del impacto térmico para el diseño de productos.
- Análisis de refrigeración mecánica y natural.

¿Para qué sirve o aporta en el proyecto?

Desarrollando este tipo de análisis se puede garantizar y comprobar que el proyecto funciona de forma correcta, evidenciando como actúa el flujo de aire natural tanto al interior como al exterior de la propuesta, además de ver las temperaturas que se dan en el proyecto desde diferentes horarios y demostrando que cumple el objetivo de mantener un confort higro-térmico adecuado (24°C – 26°C en este caso) en cualquier circunstancia sin necesidad de utilizar ventilación mecánica.

7.1.1 RESULTADO DE SIMULACIÓN - DISEÑO ORIGINAL - 2:00 PM (HORARIO CON MAYOR TEMPERATURA E INCIDENCIA SOLAR EN LA UBICACIÓN)

Para la simulación se utiliza un ambiente con condiciones promedio de la localización a través de los meses, con 25°C constantes en el exterior, vientos predominantes del este con 5 km/h, y del norte con 4 km/h. El aire inicialmente homogéneo se calienta por la incidencia solar, elevando la temperatura de los espacios, entonces se busca la mayor cantidad de flujo de aire ya que de esta manera desplazara el aire caliente y con ello serán menores las temperaturas.

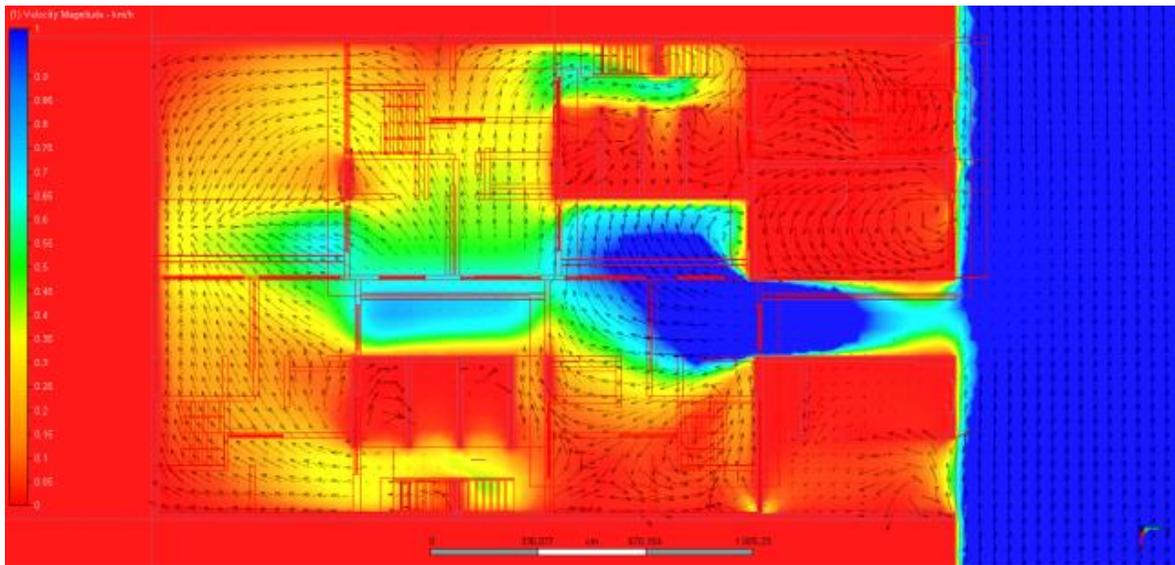


Figura 119. Análisis de vientos en primera planta – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

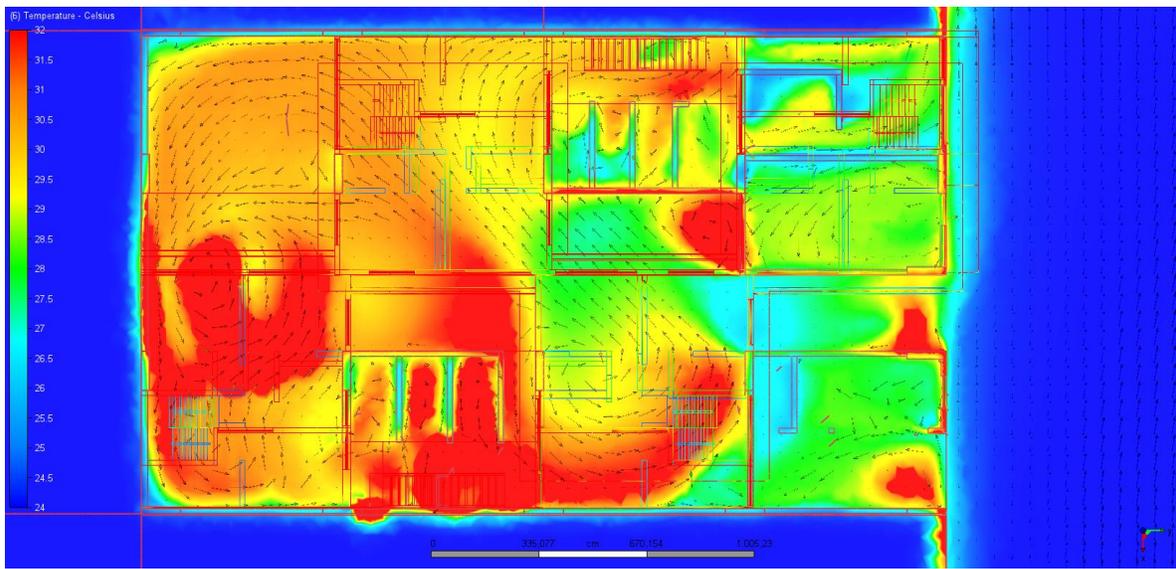


Figura 120. Análisis de temperatura en primera planta – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

El primer piso evidencia un buen flujo de aire con la abertura ubicada hacia el norte creando una presión y un túnel de viento que impulsa el aire al interior del proyecto, en donde se distribuye en este piso sin muchos muros. En cuanto a la temperatura se evidencia un promedio de 26°C a 31°C, con las temperaturas más elevadas al fondo del lote y los espacios cerrados de los depósitos.

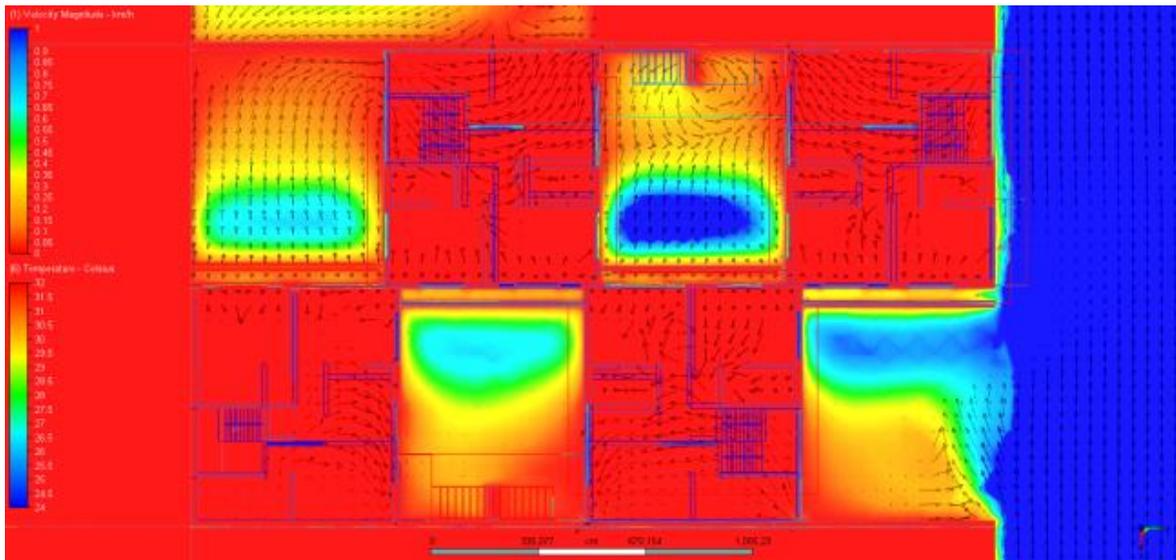


Figura 121. Análisis de vientos en segunda planta – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

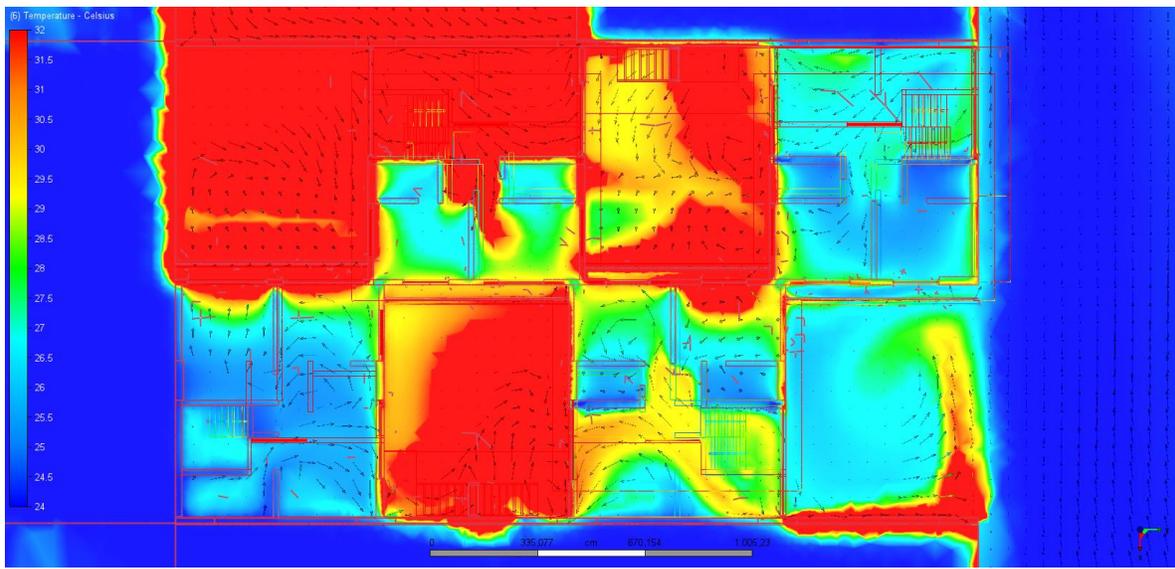


Figura 122. Análisis de temperatura en segunda planta – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

En segundo piso se evidencia la buena ventilación generada en los patios que acompañan las torres de vivienda, pero este aire aunque accede a la vivienda, no se distribuye de manera eficiente lo que genera el estancamiento de aire caliente en los espacios y por ende el aumento de temperatura en ellos que varía de 26°C a 32°C.

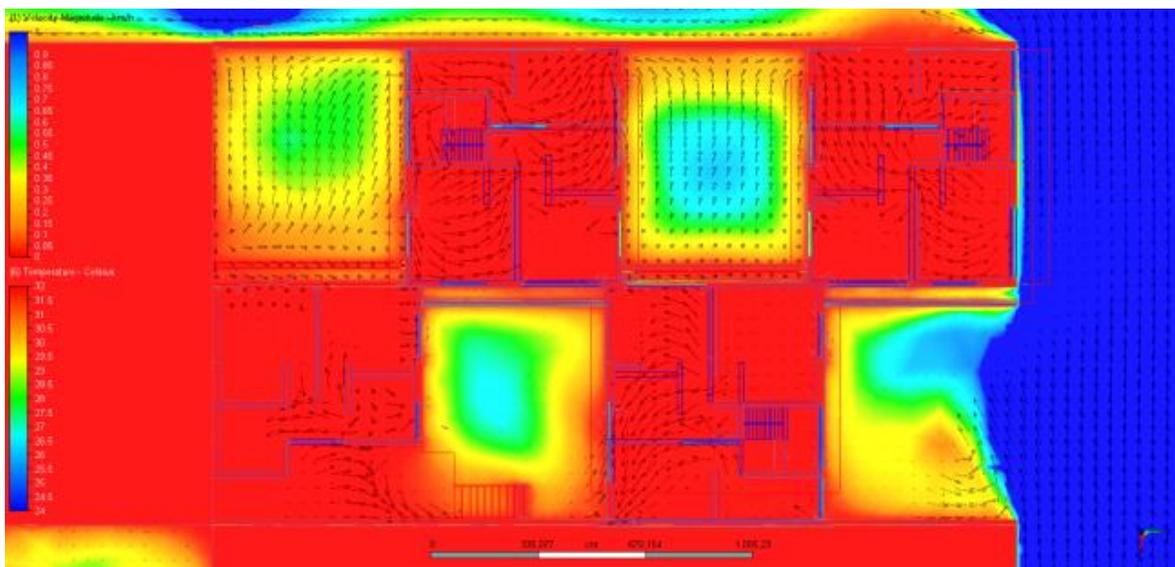


Figura 123. Análisis de vientos en tercera planta – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

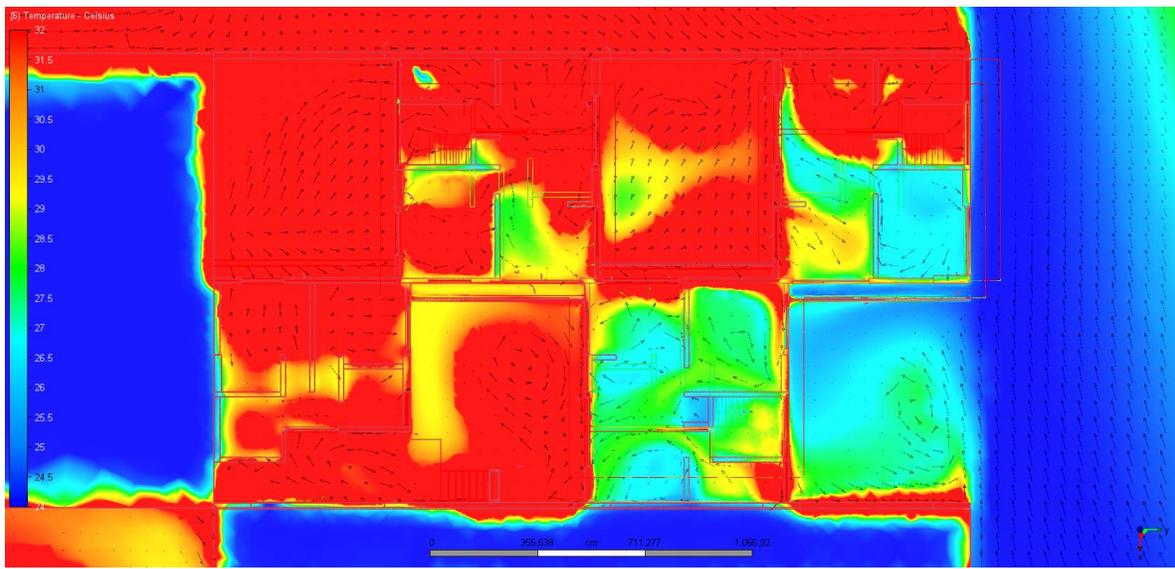


Figura 124. Análisis de temperatura en tercera planta – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

En tercera planta se repite lo evidenciado en la anterior, con temperaturas más elevadas debido al estancamiento de aire caliente, y gracias a que la incidencia solar aumenta entre más altura tenga el proyecto, se genera mayor temperatura en el aire exterior, pero por otra parte la fuerza de los vientos también aumenta y ayuda a refrescar. Se puede ver que las viviendas en el frente del lote están más frescas ya que cuentan con una mayor recepción de vientos, y la temperatura se concentra en los apartamentos y patios del fondo donde no llega tal cantidad de aire frío.

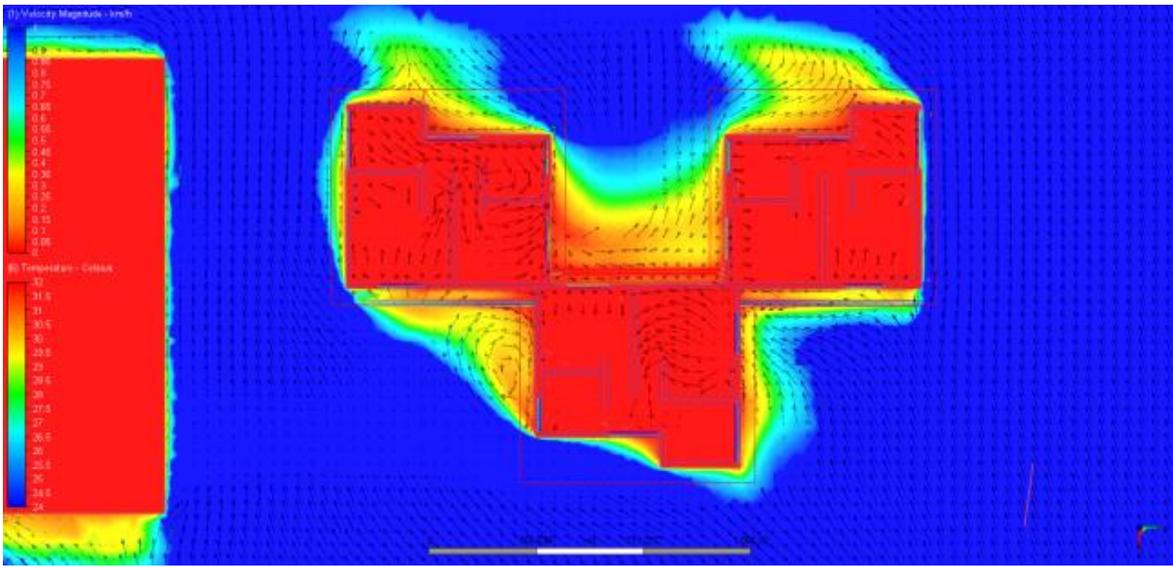


Figura 125. Análisis de vientos en cuarta planta – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

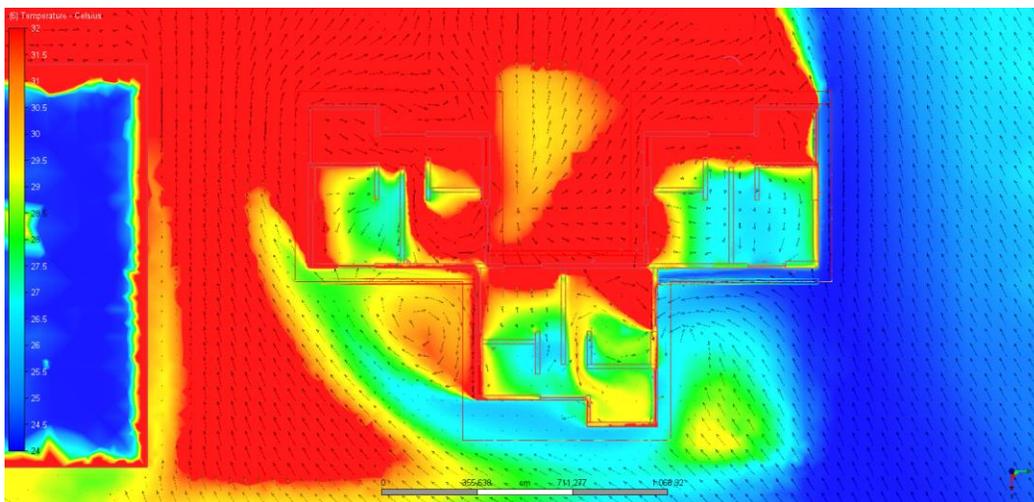


Figura 126. Análisis de temperatura en cuarta planta – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en cuarto piso se evidencia un gran flujo de aire ya que no existen impedimentos (construcciones) que retengan los vientos predominantes, por esto los espacios están mejor ventilados y con temperaturas más bajas, menos en la fachada oeste donde existe un aumento en la incidencia solar. El problema del estancamiento de aire permanece, lo que impide que se distribuya de forma satisfactoria en las viviendas para regular este aumento de temperatura exterior.

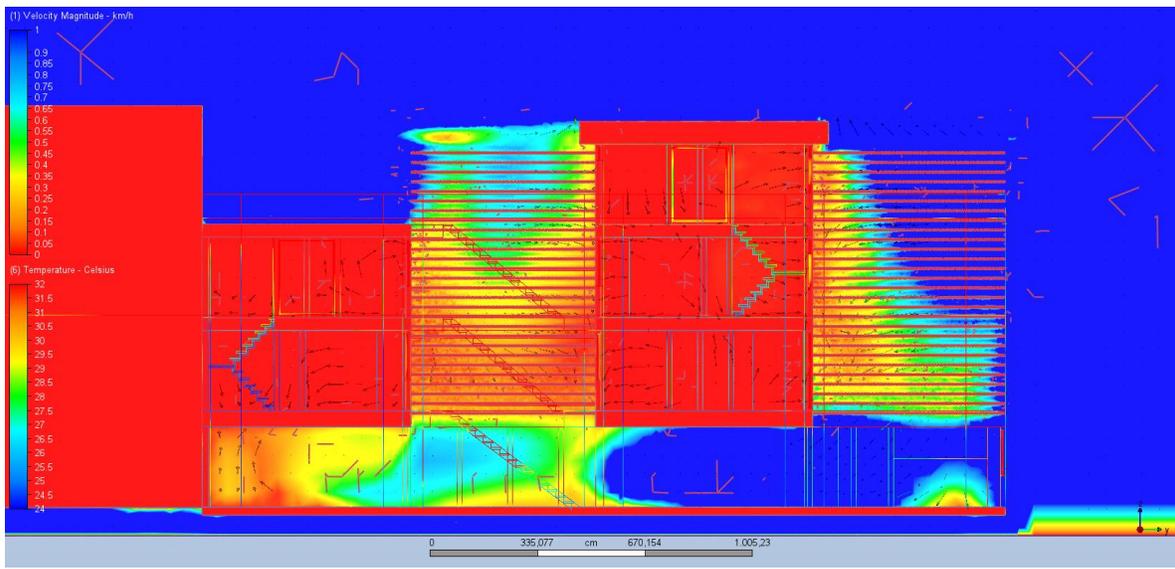


Figura 127. Análisis de vientos en corte longitudinal – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

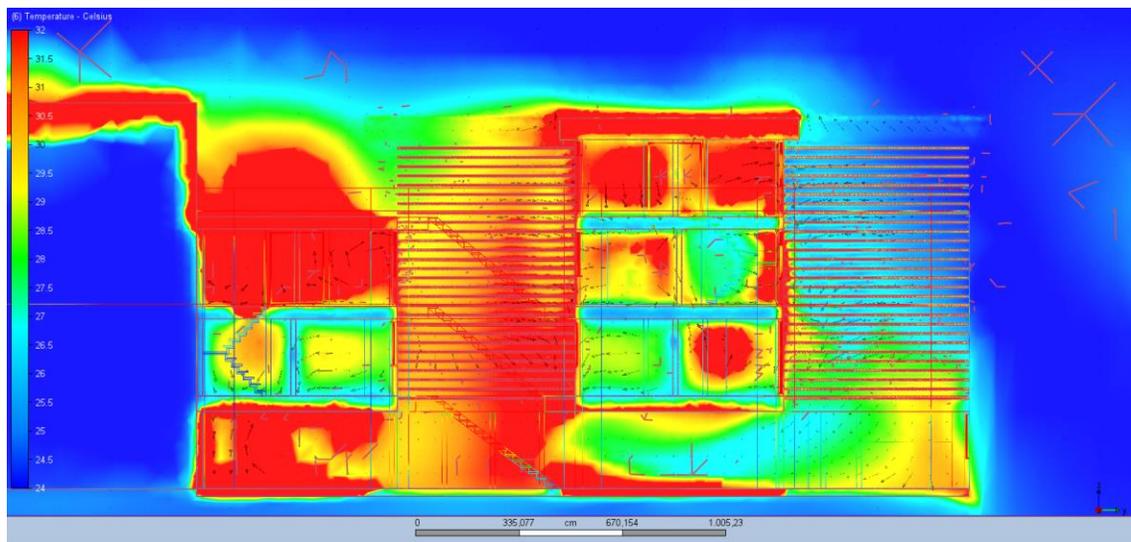


Figura 128. Análisis de temperatura en corte longitudinal – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

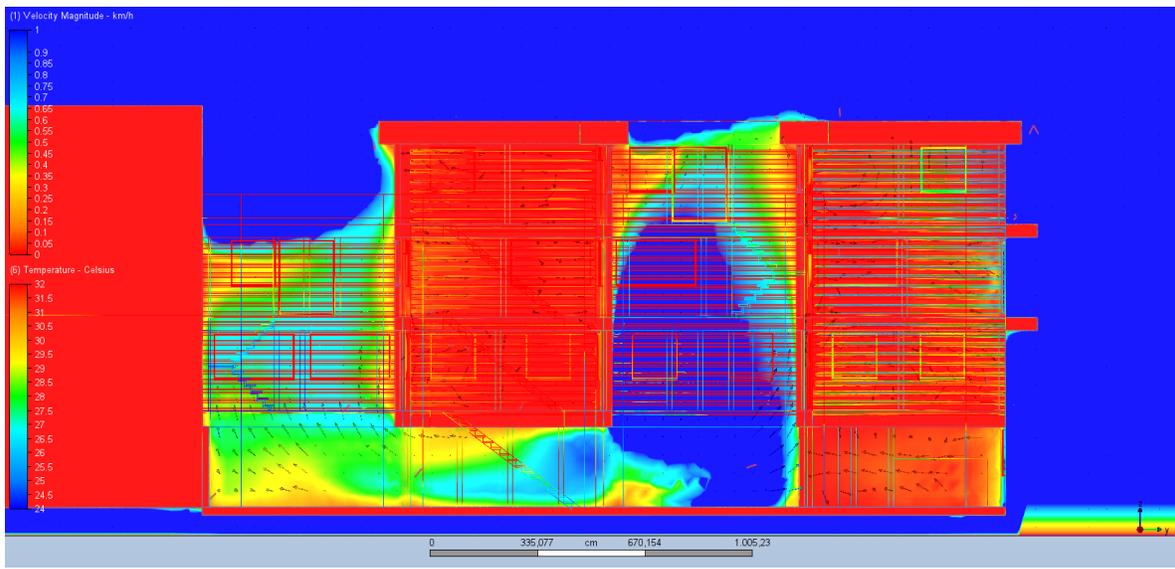


Figura 129. Análisis de vientos en corte longitudinal – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

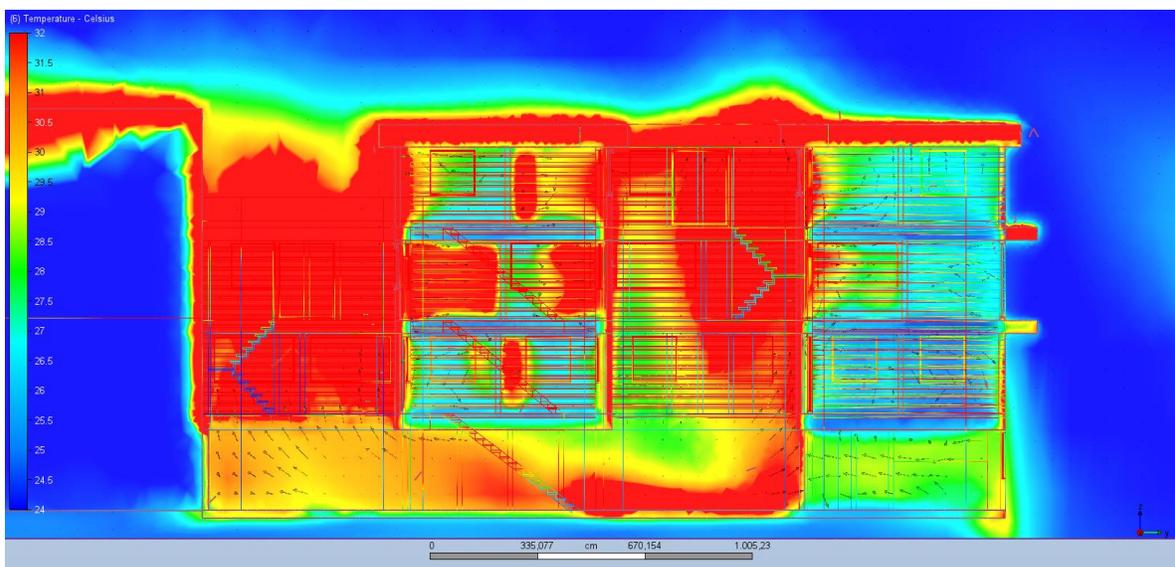


Figura 130. Análisis de temperatura en corte longitudinal – Diseño original

Fuente: Elaboración propia

A partir de las primeras simulaciones se concluye que, el primer piso cumple al ser una cámara de aire frío para el proyecto, como se ve en las simulaciones de vientos, este primer piso recolecta los vientos provenientes de la fachada frontal y los distribuye a los diferentes patios de la propuesta. Ya en los patios el viento recorre los diferentes espacios

entrando en las viviendas y desplazando la temperatura de las fachadas expuestas a la incidencia solar que evita su sobrecalentamiento.

Por otro lado se resalta que la propuesta necesita mejorar el flujo de viento al interior de las viviendas ya que gran parte de este no accede a los espacios, y el aire caliente se queda estancado aumentando la temperatura en los interiores, esto puede ser resuelto reubicando ciertas ventanas que permitan una mejor ventilación natural, además se podría pensar en incluir elementos de protección contra la radiación solar directa en las fachadas que no cuentan con el sistema de fachada doble.

7.2 MEJORAMIENTO DE PROPUESTA A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS

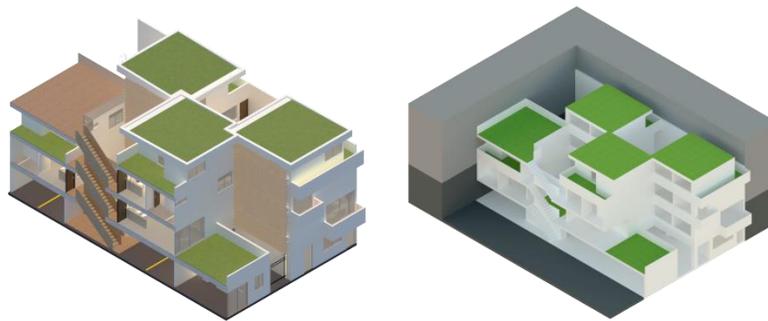


Figura 131. Nuevo diseño vs Diseño original

Fuente: Elaboración propia

7.2.1 ANÁLISIS DE NUEVO DISEÑO VS DISEÑO ORIGINAL - 2:00 PM (PUNTO DE MAYOR TEMPERATURA)

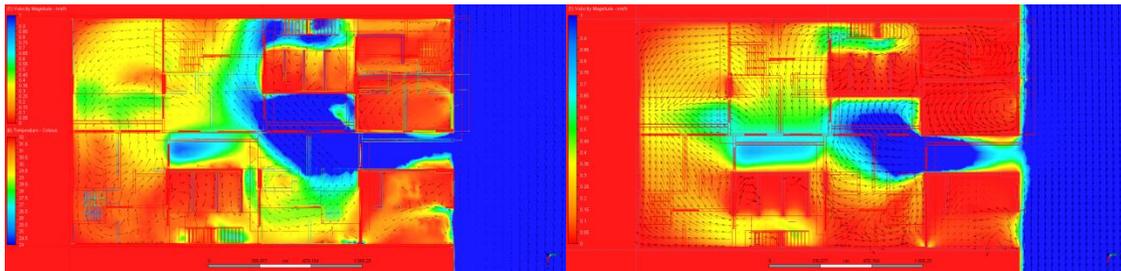


Figura 132. Análisis de vientos en primera planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm

Fuente: Elaboración propia

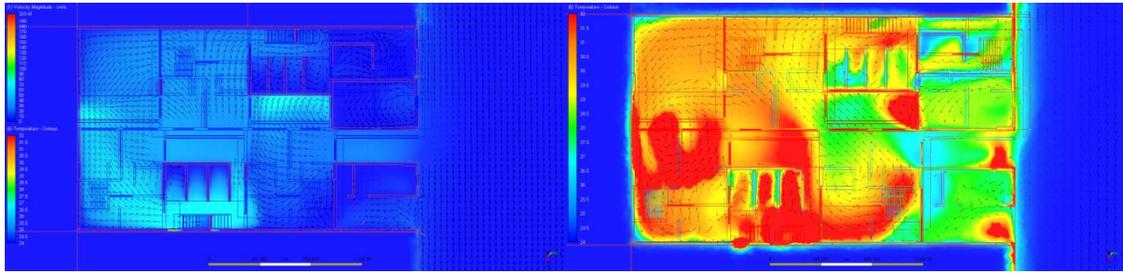


Figura 133. Análisis de temperatura en primera planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm

Fuente: Elaboración propia

Gracias a la reubicación de las ventanas en el nuevo diseño se puede apreciar un mejor flujo de viento, en los espacios se generan zonas más frescas con una temperatura máxima de 27°C, mientras que en el diseño original las temperaturas alcanzaban los 31°C, en el primer piso se disminuye la acumulación de calor en la parte trasera del lote y el viento se distribuye más uniformemente por el espacio, esto sin perder el túnel de viento que impulsa el aire frío del exterior a la cámara de aire que constituye el primer piso.

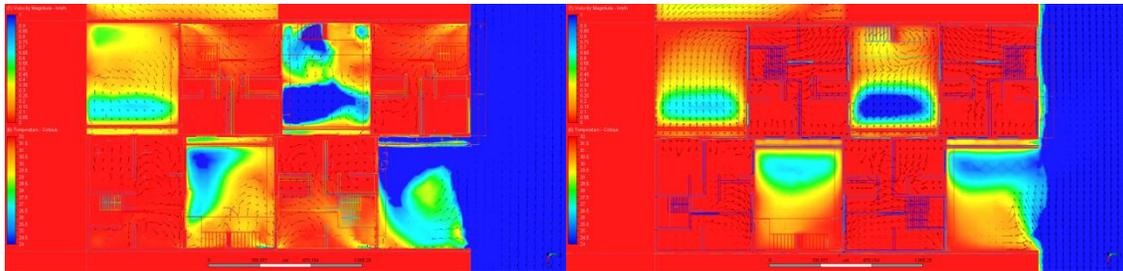


Figura 134. Análisis de vientos en segunda planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm

Fuente: Elaboración propia

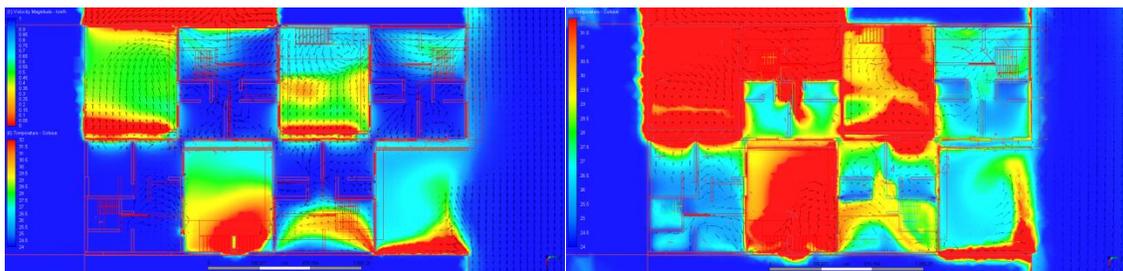


Figura 135. Análisis de temperatura en segunda planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm

Fuente: Elaboración propia

En segunda planta el nuevo recorrido de ventilación natural permite que los patios cuenten con aire renovado, procurando que no se conviertan en bolsas de aire caliente y estático, lo que reduce en gran medida las temperaturas internas tanto de las viviendas como de estos

vacíos, esta renovación de aire también ayuda con ciertos espacios del diseño que acumulaban aire caliente y mantienen las temperaturas confortables y constantes.

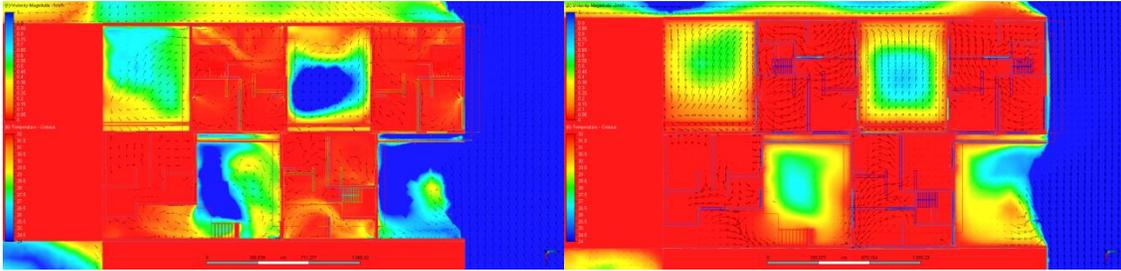


Figura 136. Análisis de vientos en tercera planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm

Fuente: Elaboración propia

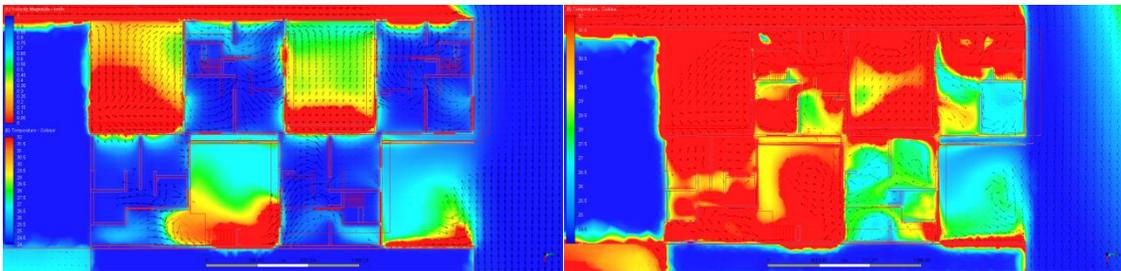


Figura 137. Análisis de temperatura en tercera planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el piso anterior, la renovación de aire aporta mucho a reducir las temperaturas, además la protección en fachada contra la incidencia solar ayuda a mantener el calor en estos elementos de cerramientos, que se nota mejor en esta altura. Gracias a la mejora en el flujo de viento el aire frío llega más eficientemente a los espacios del fondo del lote, corrigiendo el problema de la concentración de temperatura en ellos.

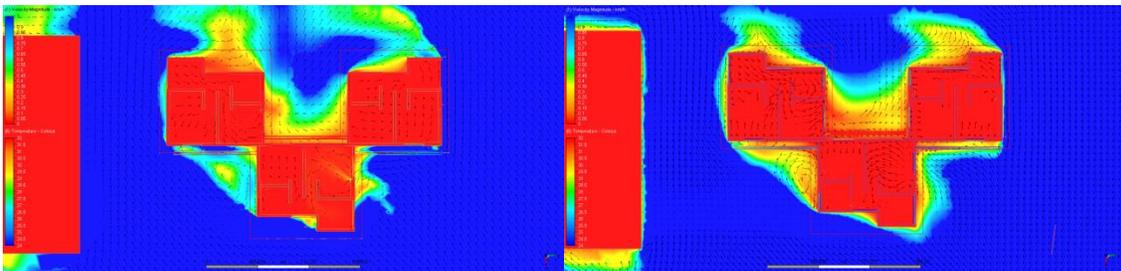


Figura 138. Análisis de vientos en cuarta planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm

Fuente: Elaboración propia

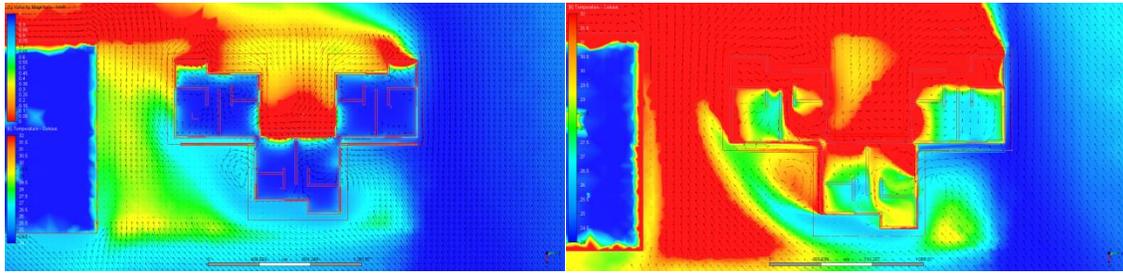


Figura 139. Análisis de temperatura en cuarta planta – Nuevo vs Original – 2:00 pm

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en cuarta planta se aprovecha la mayor fuerza de los vientos, ya que en el anterior diseño la gran cantidad de incidencia solar en la fachada oeste calentaba en exceso los espacios orientados hacia esta, y gracias a la nueva distribución de las ventanas este exceso de temperatura es expulsado de las viviendas.

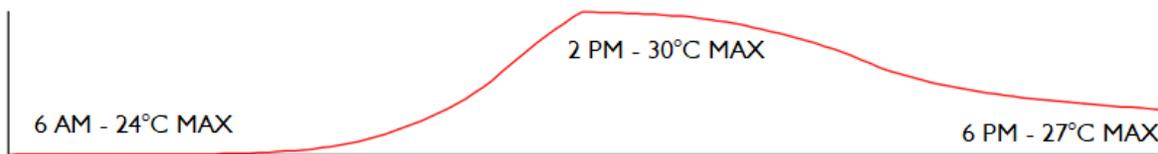


Figura 140. Diagrama de temperatura general – Nuevo diseño

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, después del cambio en el diseño se puede evidenciar una gran mejora en el sistema de ventilación natural al reubicar ciertas ventanas, generando espacios mejor ventilados y permitiendo que el flujo de aire recorra mayor parte del proyecto. También se comprueba que las protecciones de doble fachada permeable y cubiertas/terrazas verdes funcionan, ya que el calor de la incidencia solar se retiene en estas, impidiendo que accedan al interior de las viviendas.

7.3 DISEÑO DE PROPUESTA VS DISEÑO CONVENCIONAL

Finalmente se desarrolla una comparación de simulaciones, modelando un edificio de vivienda con las mismas dimensiones de la propuesta, este cuenta con las características de viviendas convencionales en la localización. Para esto se buscó proyectos que se resolvieran dentro de espacios reducidos y se adaptaron con los elementos de diseño convencional como lo son el antejardín, los grandes volúmenes robustos con un patio central, la ventanearía orientada a la fachada principal y al vacío, y espacios interiores cerrados que necesitan ventilación mecánica para su debido funcionamiento.

De la misma manera se le desarrolla un análisis CFD dentro de las mismas condiciones climáticas y de entorno del proyecto para comparar los resultados en cuanto a la velocidad, distribución de vientos y temperaturas tanto internas como externas. También se propone ejecutar un análisis en otros horarios para ver el comportamiento del proyecto en diferentes condiciones.

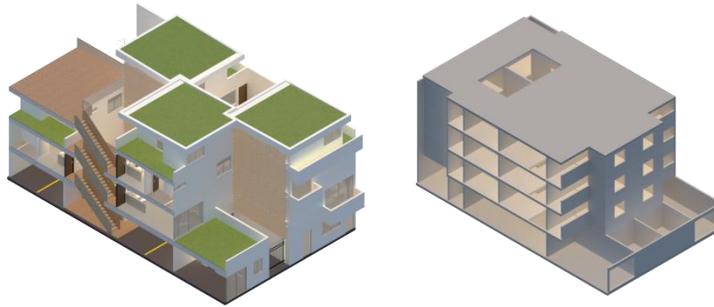


Figura 141. Nuevo diseño vs Diseño convencional

Fuente: Elaboración propia

7.3.1 PRIMER ANÁLISIS - 6:00 AM (HORA DE SALIDA DEL SOL)

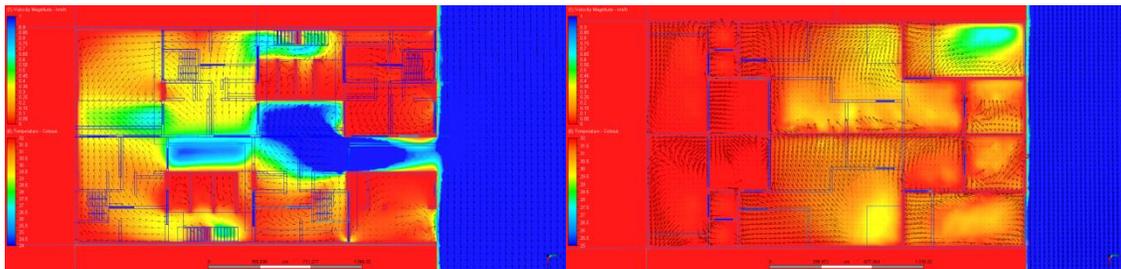


Figura 142. Comparación de vientos – Primer piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

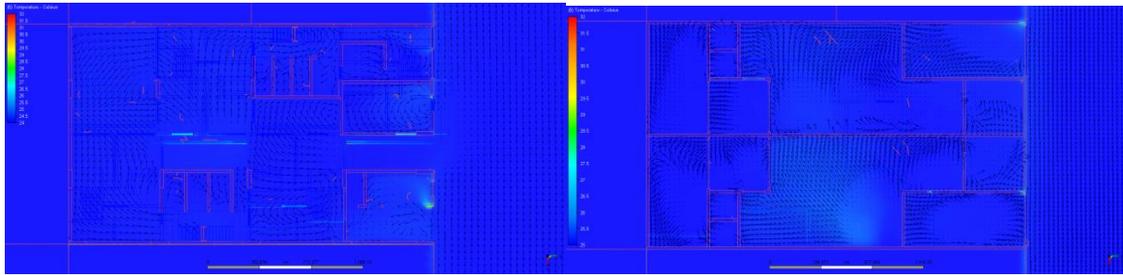


Figura 143. Comparación de temperaturas – Primer piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

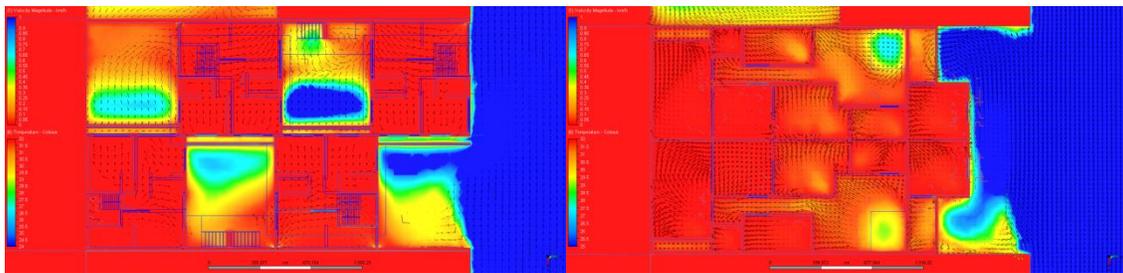


Figura 144. Comparación de vientos – Segundo piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

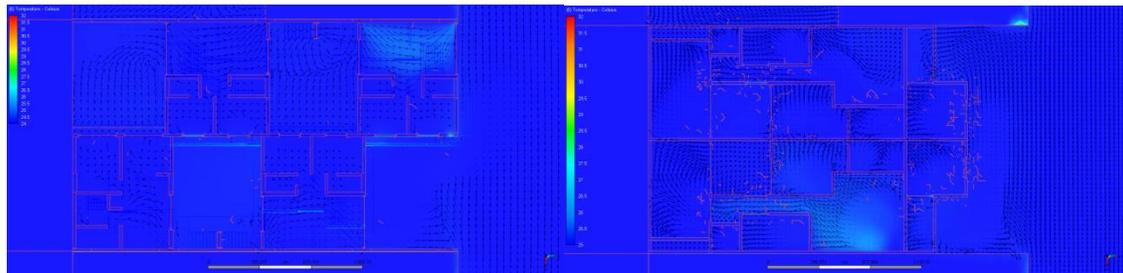


Figura 145. Comparación de temperaturas – Segundo piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

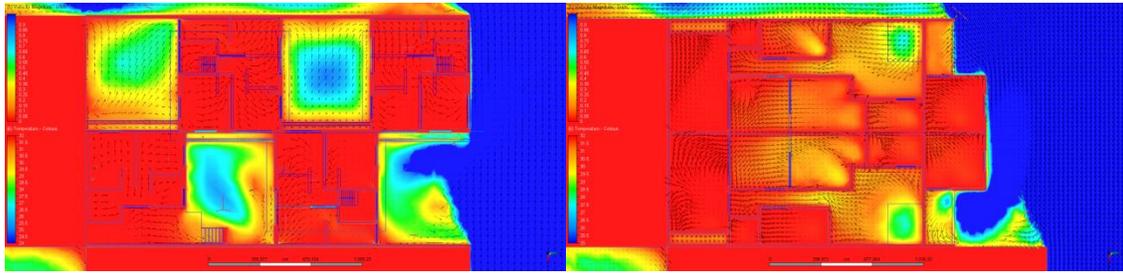


Figura 146. Comparación de vientos – Tercer piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

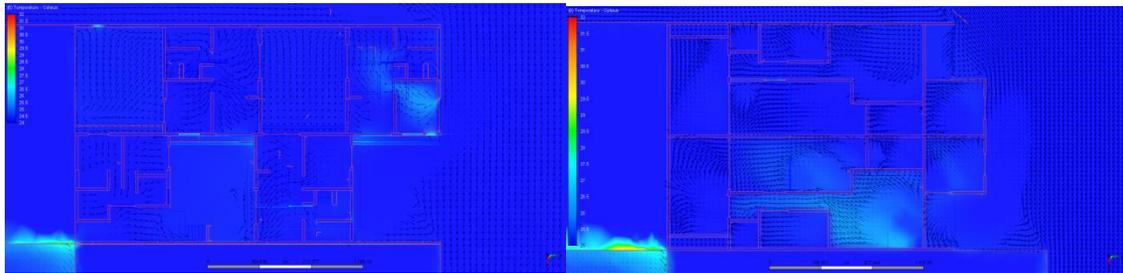


Figura 147. Comparación de temperaturas – Tercer piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

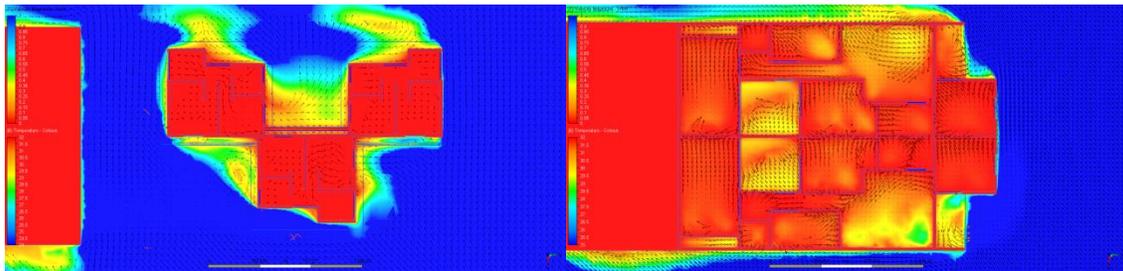


Figura 148. Comparación de vientos – Cuarto piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

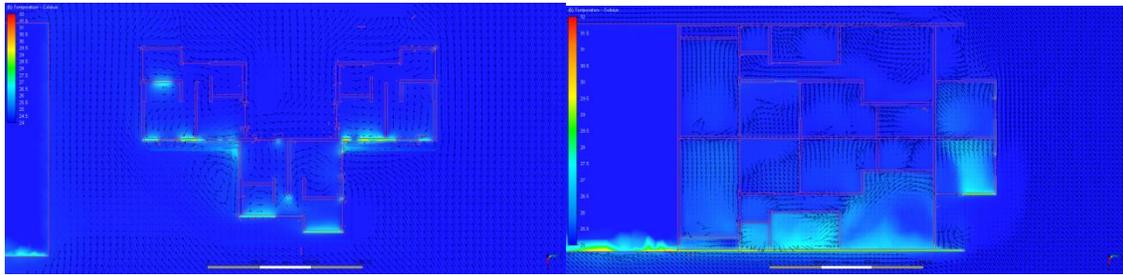


Figura 149. Comparación de temperaturas – Cuarto piso – 6:00 am - Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

En el horario de las 6:00 am en el que sale el sol, la incidencia solar en la fachada no es muy fuerte, así que la mayor parte del aire cuenta con una temperatura homogénea de 25°C, y este al recorrer el diseño no calienta en gran medida las zonas del proyecto. El aire exterior no es muy fuerte por esto sus velocidades al interior no son muy grandes, pero esto permite que el aire acceda a cada instancia de la propuesta con mayor facilidad que en otros horarios. En este horario no se percata gran diferencia entre los dos diseños en cuanto a la temperatura general (Ambos cuentan con temperaturas máximas de hasta 27°C), pero si se evidencia una mejora en la distribución de aire en la propuesta con respecto al diseño convencional, en este último el aire se estanca en ciertas estancias, mientras que en el diseño propuesto se distribuye uniformemente.

7.3.2 SEGUNDO ANÁLISIS - 2:00 PM (PUNTO DE MAYOR TEMPERATURA)

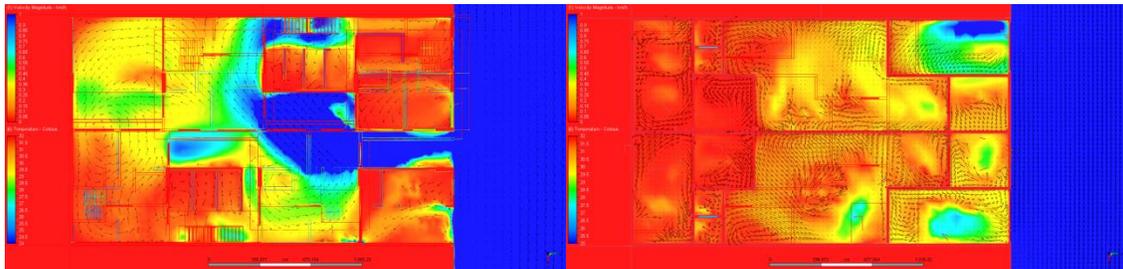


Figura 150. Comparación de vientos – Primer piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

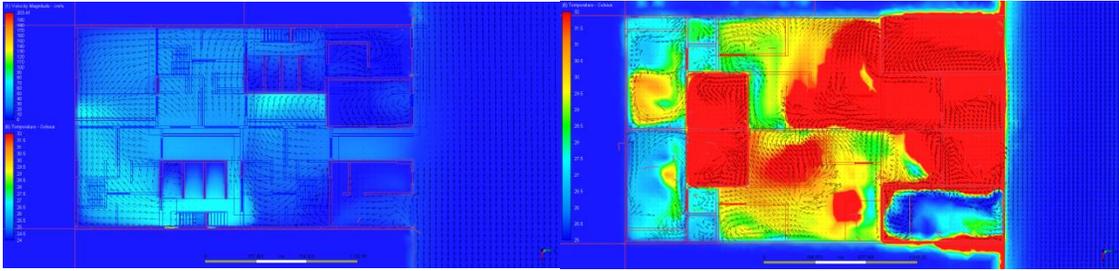


Figura 151. Comparación de temperaturas – Primer piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

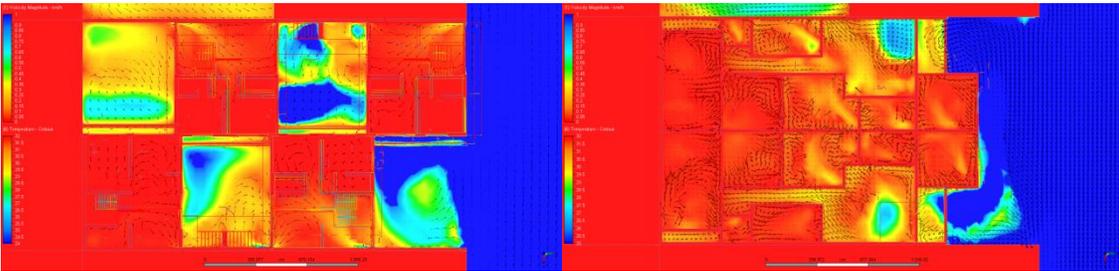


Figura 152. Comparación de vientos – Segundo piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

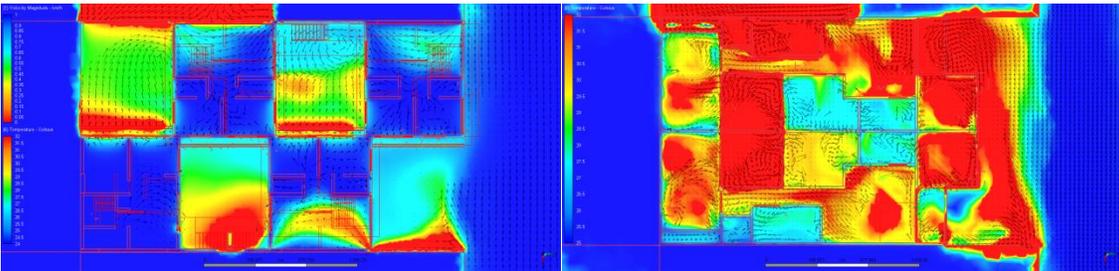


Figura 153. Comparación de temperaturas – Segundo piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

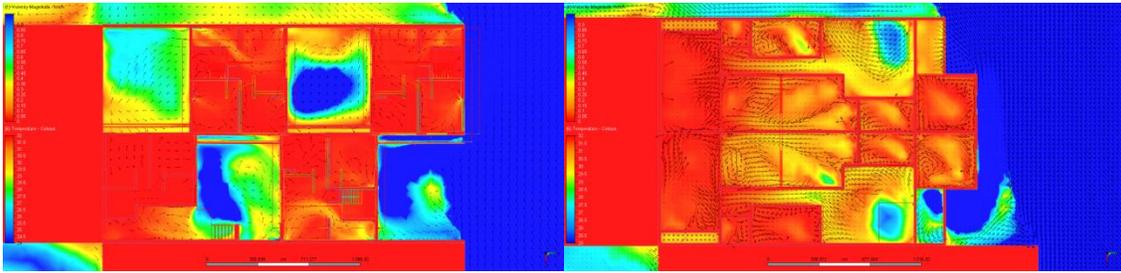


Figura 154. Comparación de vientos – Tercer piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

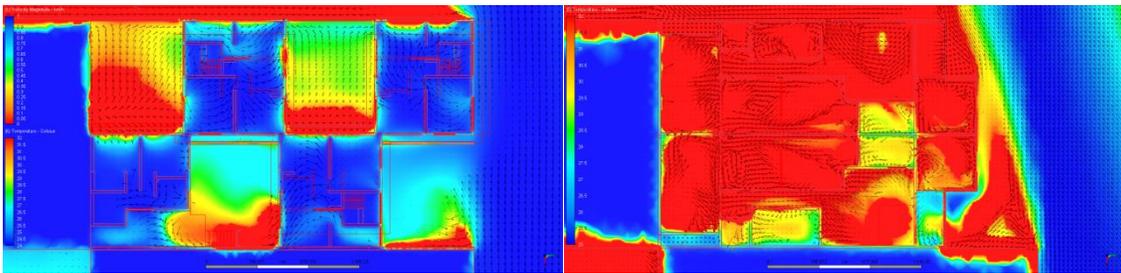


Figura 155. Comparación de temperaturas – Tercer piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

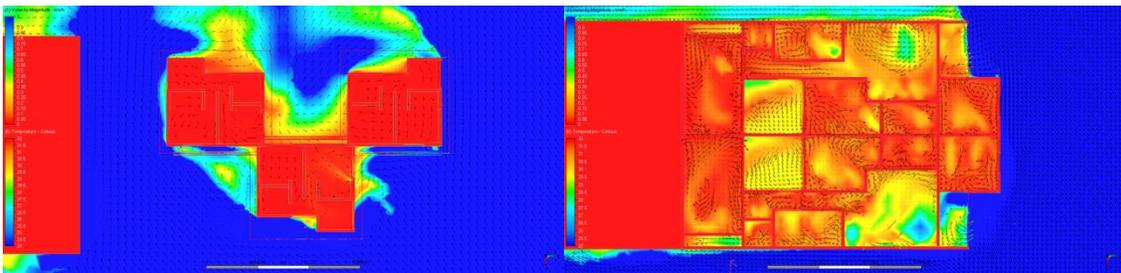


Figura 156. Comparación de vientos – Cuarto piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

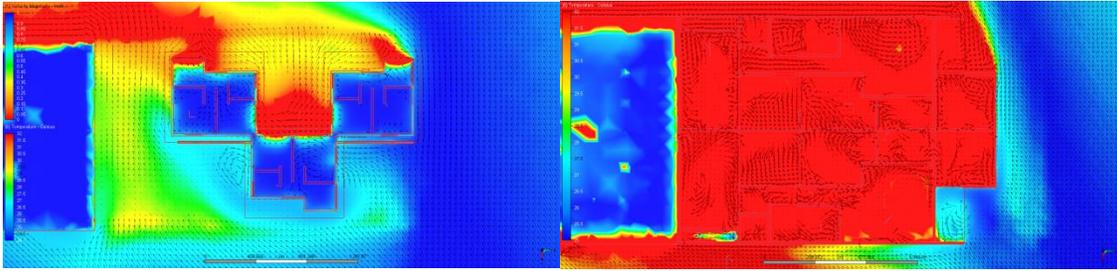


Figura 157. Comparación de temperaturas – Cuarto piso - 2:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

En el horario con mayor temperatura en la ubicación 2:00 pm, la incidencia solar es muy alta, lo que genera que las temperaturas incrementen y el aire inicialmente homogéneo de la anterior simulación (25 ° C) se caliente (26°C a 32°C), por lo que se necesita un buen flujo de viento que refresque el aire interior en cada instancia. En esta simulación se demuestra la gran mejora entre el diseño propuesto al diseño convencional, este último acumula mucho aire caliente en su interior y no lo distribuye correctamente al patio central, el cual debería funcionar con un efecto chimenea que lo expulse. Además el pesado volumen de la construcción no cuenta con las suficientes entradas de ventilación para mantener confortables sus estancias. A medida de que pasa el día, el aire caliente y la incidencia solar se concentra, y es necesario recurrir a sistemas de ventilación mecánica (aire acondicionado, ventiladores, entre otros).

Por otro lado el diseño propuesto, cuenta con gran cantidad de vacíos que permiten distribuir el aire, alcanzando todas las zonas de la propuesta, creando espacios adecuadamente ventilados, y siendo estos confortables hasta en los horarios con mayor temperatura en el ambiente. Además las estrategias de alta masa térmica como las fachadas dobles y las cubiertas/terrazas verdes son unas herramientas cruciales en este horario, ya que la incidencia solar golpea principalmente estos elementos, estos retienen el calor y no lo dejan ingresar al interior de las viviendas. Finalmente se concluye que el diseño de patios es adecuado y necesario para la correcta ventilación de los edificios.

7.3.3 TERCER ANÁLISIS - 6:00 PM (HORA EN QUE SE OCULTA EL SOL)

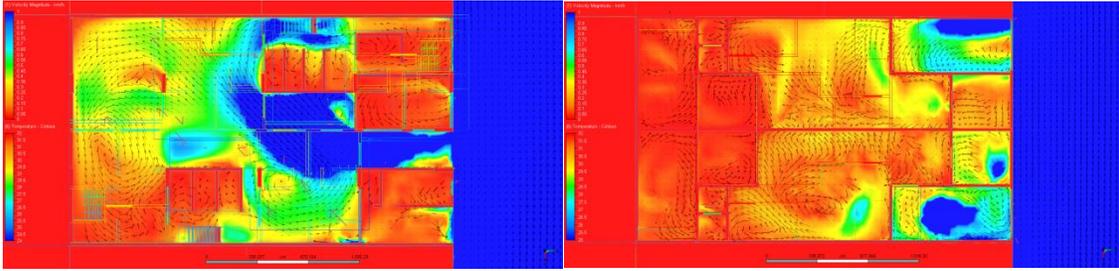


Figura 158. Comparación de vientos – Primer piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

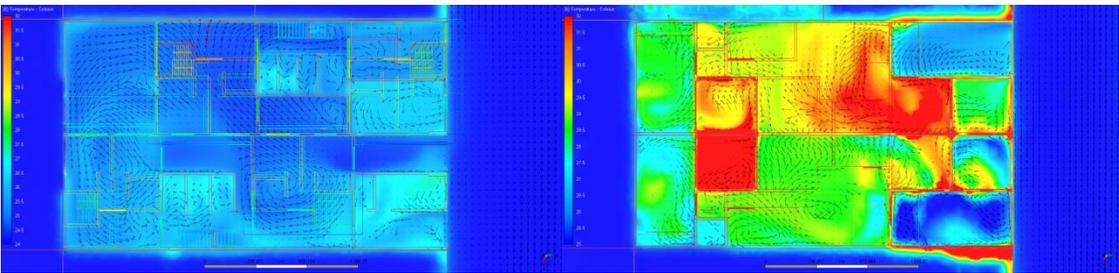


Figura 159. Comparación de temperaturas – Primer piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

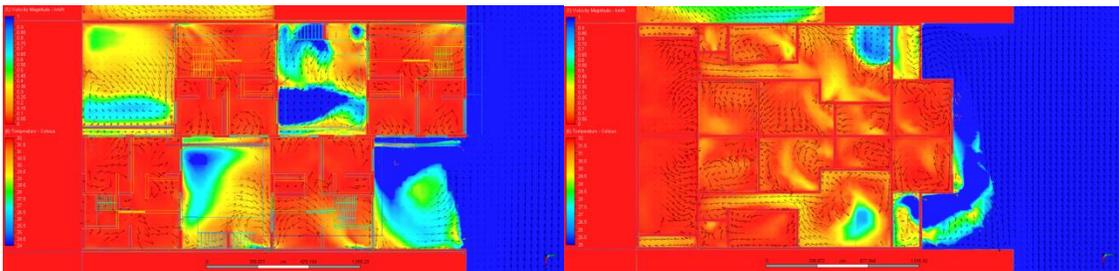


Figura 160. Comparación de vientos – Segundo piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

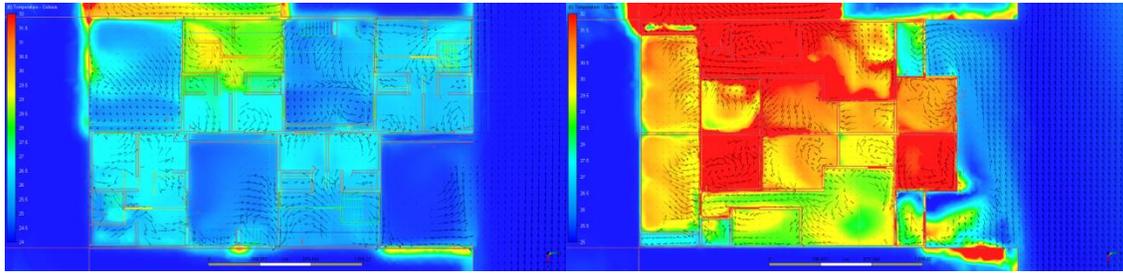


Figura 161. Comparación de temperaturas – Segundo piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

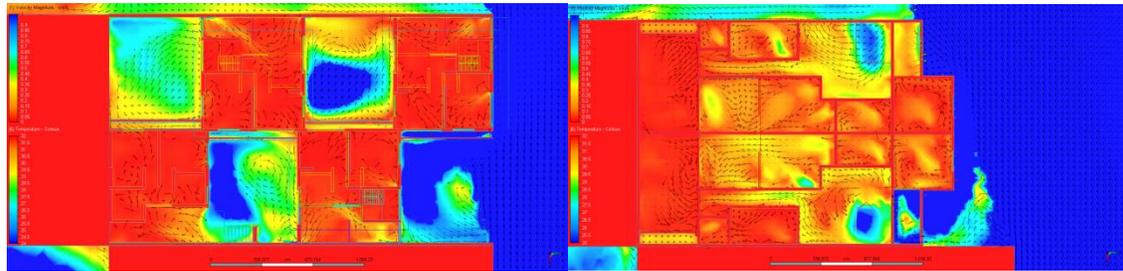


Figura 162. Comparación de vientos – Tercer piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

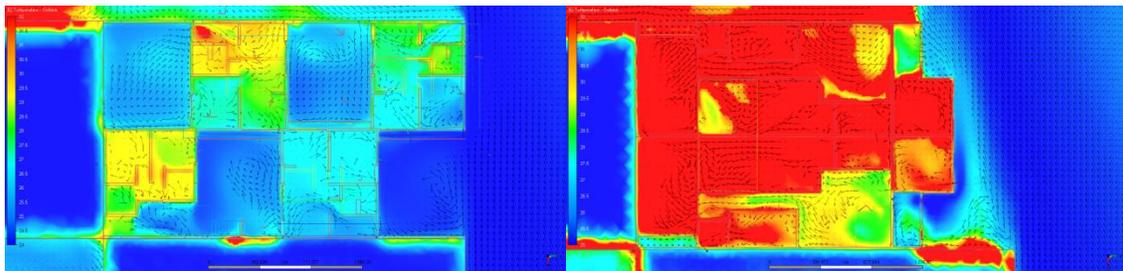


Figura 163. Comparación de temperaturas – Tercer piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

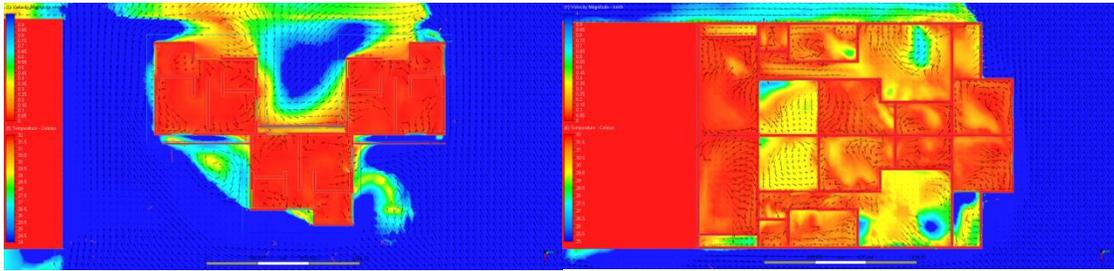


Figura 164. Comparación de vientos – Cuarto piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

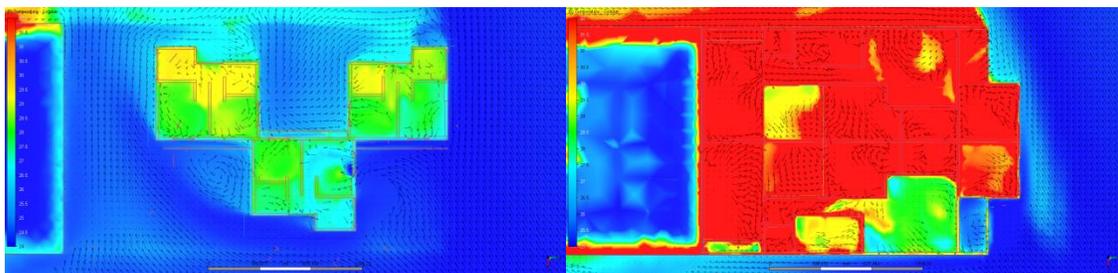


Figura 165. Comparación de temperaturas – Cuarto piso - 6:00 pm – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

En el horario de las 6:00 pm cuando el sol se oculta, la temperatura residual de la tarde va disminuyendo, ya que, los vientos son un poco más fuertes, y la incidencia solar es menor, de igual manera la temperatura en el diseño propuesto se regula con mayor facilidad, además si es necesario mantener este calor, ya sea que en la madrugada desciendan las temperaturas, solo es necesario el cerrar algunas puertas o ventanas. En comparación con el diseño convencional el aire atrapado se demora en expulsarse y aunque puede ser conveniente en la situación presentada anteriormente, al tratarse de un caso muy particular no es adecuado que el aire no se renueve constantemente en donde habitan las personas.



Figura 166. Comparación de temperaturas general – Propuesta VS Convencional

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, la simulación permite evidenciar la diferencia de temperaturas internas, externas y flujos de viento en ambos casos de estudio, se denoto esta diferencia principalmente en el horario de las 2:00 pm, pero la propuesta cuenta con una mejor

gestión y distribución de los vientos dominantes (Norte-Este) que le permite mantenerse confortable (24°C-26°C) en cualquier hora del día, por otro lado el edificio convencional acumula gran parte del aire caliente en su interior aumentando su temperatura en exceso (32°C) dentro de ciertos espacios, causando incomodidad y la necesidad de regularse con ayuda de ventilaciones mecánicas como ventiladores y/o aires acondicionados.

Gracias a esto se comprueba que el diseño está cumpliendo con el objetivo del proyecto, el cual es garantizar un ambiente térmicamente confortable para quienes habiten en él, adecuadamente ventilado y sin la necesidad de utilizar ventilación mecánica que repercuta en la salud de sus habitantes.

7.4 PLANIMETRÍA FINAL

7.4.1 PLANTAS ARQUITECTÓNICAS A DETALLE

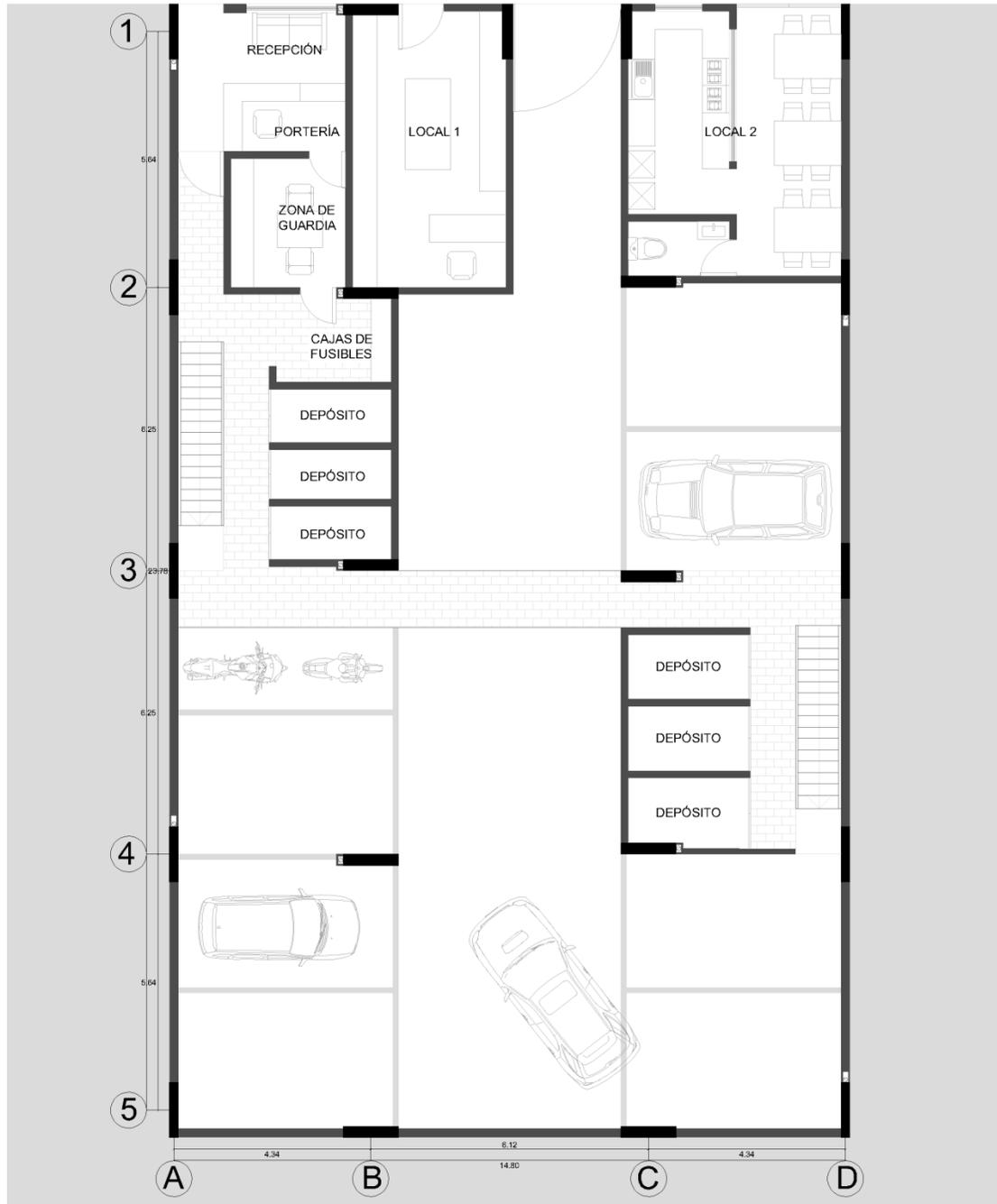


Figura 167. Primera planta arquitectónica

Fuente: Elaboración propia

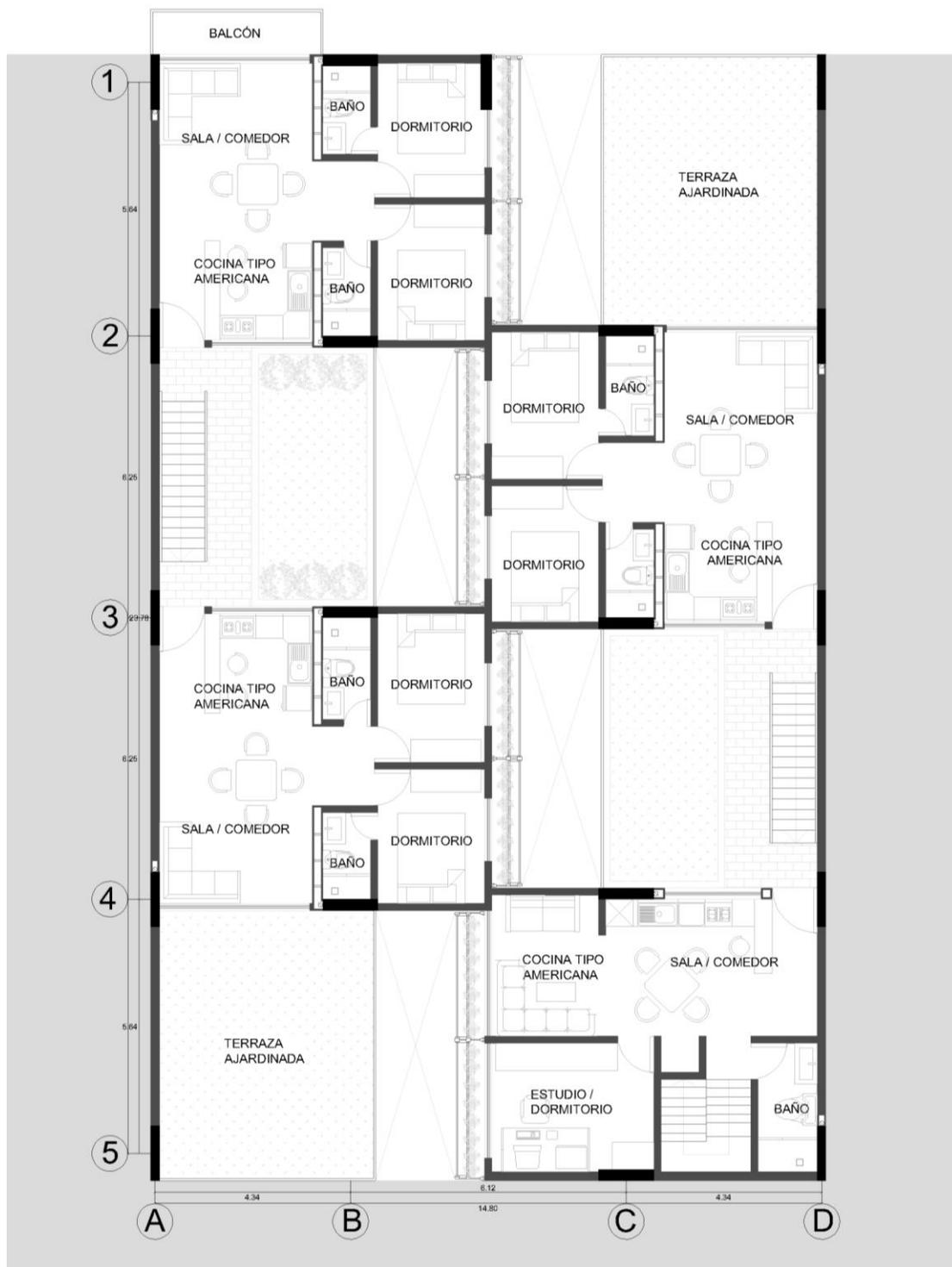


Figura 168. Segunda planta arquitectónica

Fuente: Elaboración propia

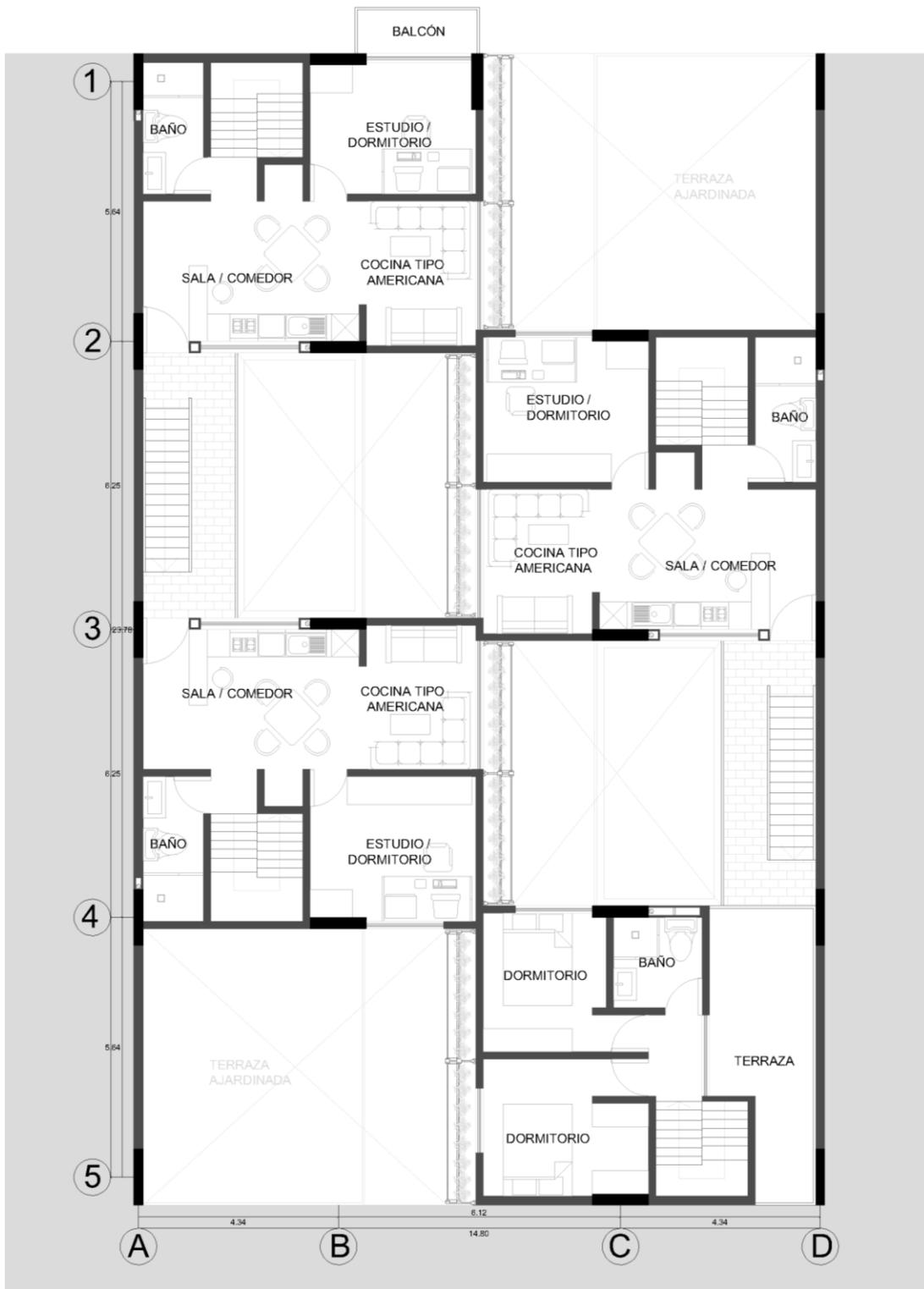


Figura 169. Tercera planta arquitectónica

Fuente: Elaboración propia

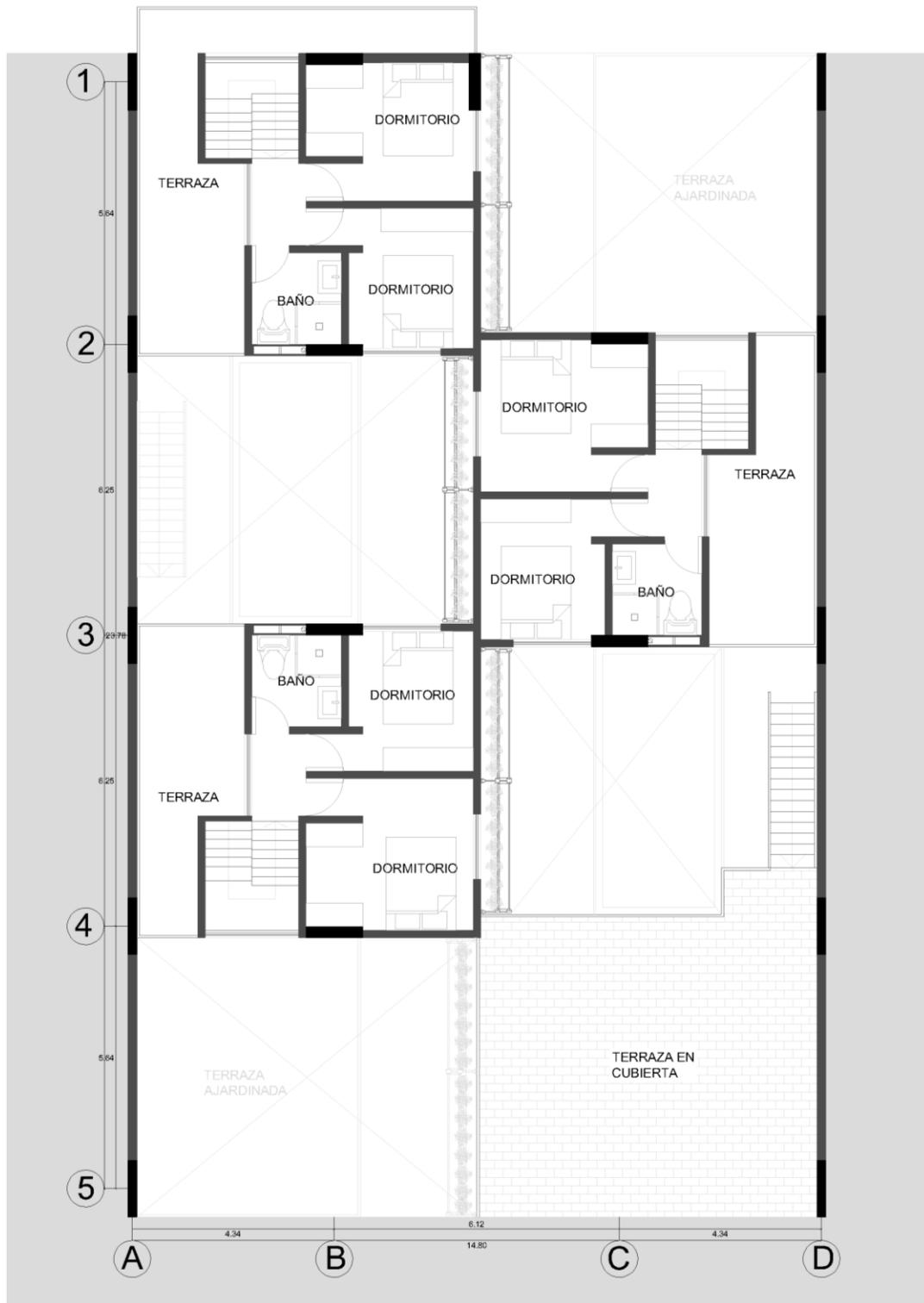


Figura 170. Cuarta planta arquitectónica

Fuente: Elaboración propia

7.4.2 VOLUMETRÍA

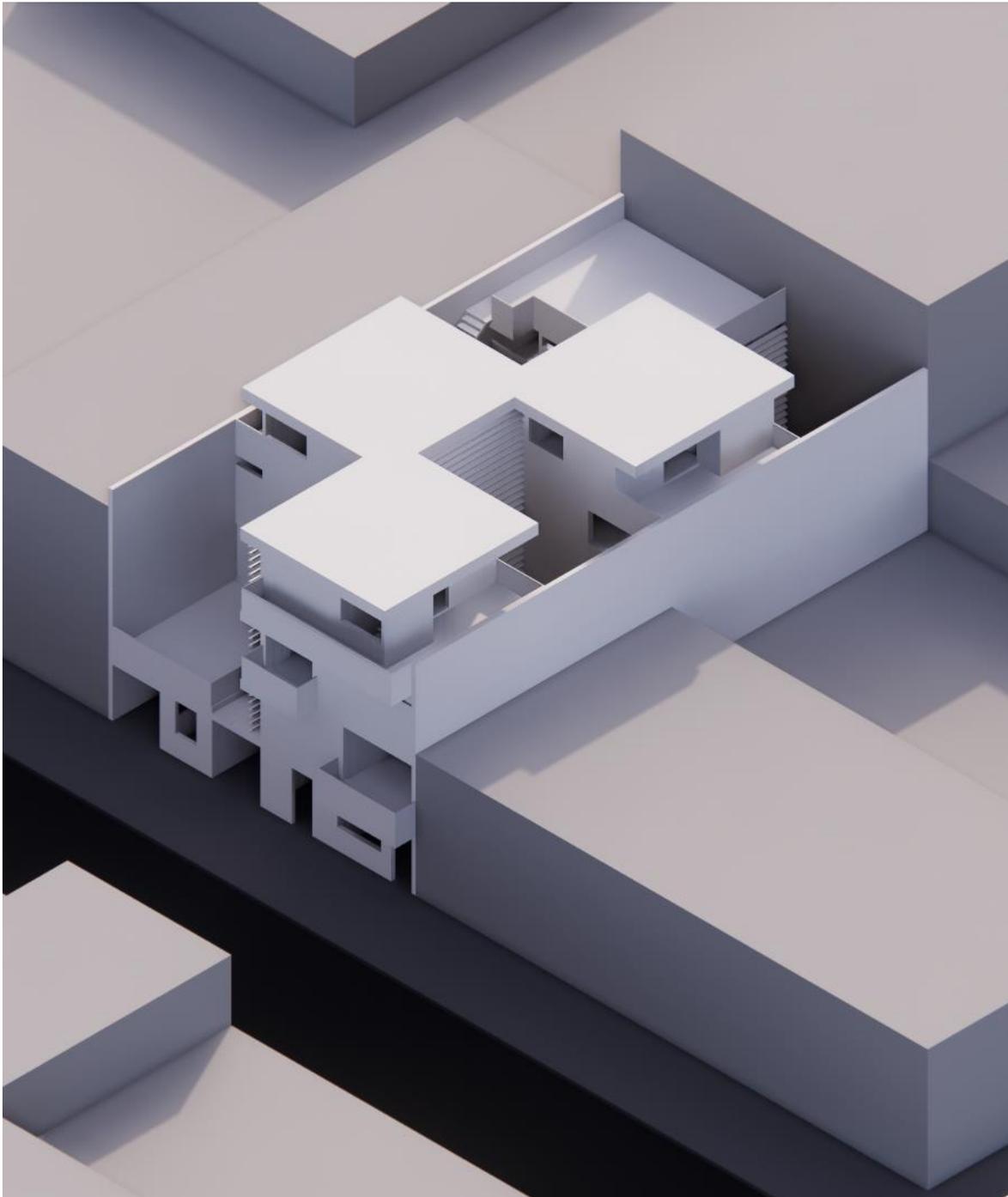
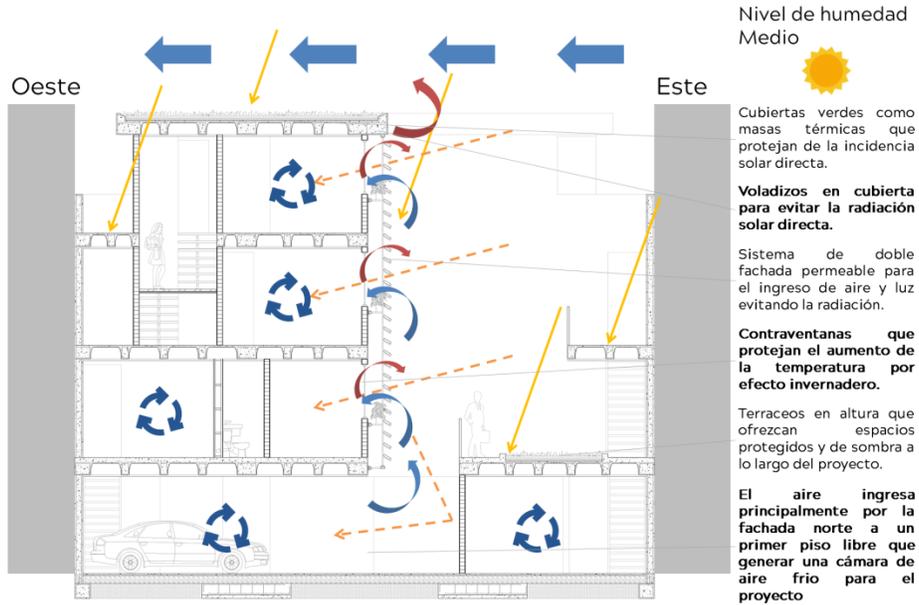


Figura 171. Volumetría general en contexto

Fuente: Elaboración propia

7.5 CORTES A DISEÑO BIOCLIMÁTICO, COMO SE APLICAN Y COMO FUNCIONAN EN EL PROYECTO

7.5.1 CORTE TRANSVERSAL



7.5.2 CORTE LONGITUDINAL

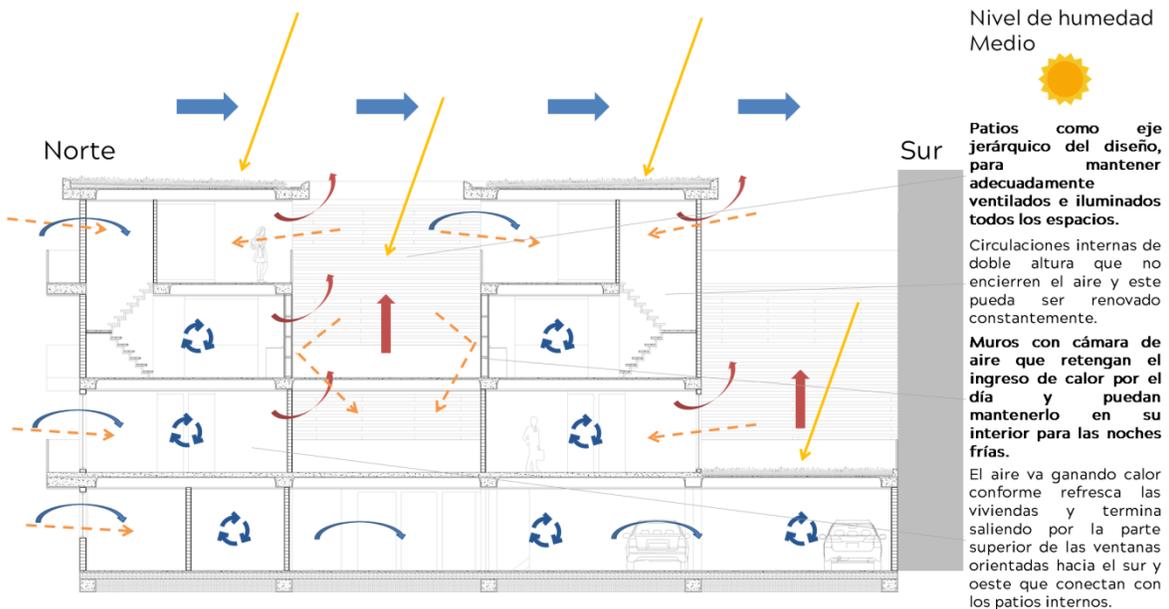


Figura 172. Explicaciones a la implementación del diseño bioclimático

Fuente: Elaboración propia

7.6 VISUALES A PROYECTO

7.6.1 EXTERNAS



Figura 173. Vista peatonal

Fuente: Elaboración propia



Figura 174. Vista satelital a contexto cercano

Fuente: Elaboración propia con mapa base de Google Earth



Figura 175. Proyecto implantado en contexto

Fuente: Elaboración propia

7.6.2 INTERNAS





Figura 176. Relación patio-vivienda

Fuente: Elaboración propia



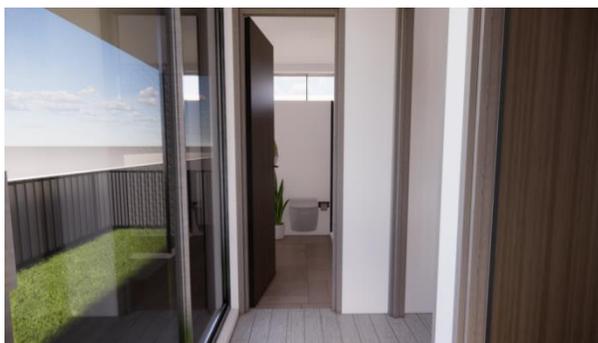


Figura 177. Composición interna de las viviendas

Fuente: Elaboración propia

8 CONCLUSIONES

Para su desarrollo, el proyecto se compuso por tres distintas fases, investigación, diseño y finalmente la comprobación. A cada una se le asignó un objetivo específico a cumplir, creando un recorrido que solucionara cada uno de los aspectos de la propuesta y finalizara en el cumplimiento del objetivo general, y con ello la solución planteada para el problema.

La primera fase de investigación comenzó con una caracterización de ocho ciudades de Colombia en el ámbito bioclimático, para esto se usó la carta bioclimática de Baruch Givoni (1976), con las temperaturas y humedades, máximas y mínimas, se posicionó un polígono que defina las diferentes estrategias aplicables en cada localización, explicando a su vez el clima de las diferentes regiones y por qué aplicarían cada una de estas herramientas. Finalmente se elaboró una tabla/resumen de comparación entre las estrategias aplicables. Esta fase sirvió para analizar las distintas condiciones climáticas de los contextos Colombianos, y como resolverlas a través del diseño bioclimático. Con esto se determinó el lugar de trabajo donde plantear la propuesta de vivienda, el cual fue Villavicencio ya que abarca la mayor cantidad de estrategias aplicables.

La fase de investigación tuvo un segundo objetivo, el cual fue desarrollar un análisis de la vivienda existente en la ciudad elegida, se revisó el contexto local, haciendo especial énfasis en las diferentes tipologías de vivienda y como es la sensación térmica de sus habitantes en los distintos horarios del día. Se observó el cómo se han diseñado y construido las edificaciones, sus usos, alturas, y si actualmente existen edificios que apliquen las herramientas de diseño bioclimático para alcanzar el confort térmico. Esta fase tuvo el objetivo de verificar la pertinencia de la implantación del proyecto en el contexto y donde ubicarlo. Gracias a este análisis se observó que las manzanas de la ciudad de Villavicencio cuentan con volúmenes muy pesados y compactos, donde hay poca cantidad de vacíos salvo ciertos patios o antejardines, y los edificios de vivienda obvian el diseño bioclimático, centrándose solo en la ventanearía, lo que resulta en la necesidad de utilizar sistemas mecánicos de ventilación.

En la fase de diseño, se desarrolló la propuesta del modelo de vivienda multifamiliar en altura, en donde los aspectos climáticos de su entorno son de suma importancia, utilizando a su vez los resultados de la caracterización bioclimática para dar soluciones de cómo se aplicarían las estrategias de diseño bioclimático dentro de un espacio reducido de la ciudad. Esta fue la fase más exploratoria del proyecto, y en la cual se buscó generar un contraste con lo evidenciado en las viviendas convencionales de la localización, por esto el diseño tuvo como eje jerárquico la organización por patios, generando una composición llena de

vacíos que mantuvieran el diseño adecuadamente ventilado e iluminado dentro de un espacio reducido.

La última fase fue la de comprobación, en esta se desarrolló una simulación de dinámica de fluidos entre el diseño propuesto vs un diseño de vivienda convencional. De acuerdo a los resultados del análisis, se desarrollaron cambios en el proyecto que permitieran una mejor circulación de los vientos y con ello mantener el confort al interior de sus estancias. Las simulaciones ayudaron a corregir ciertos aspectos de la propuesta y además comprobaron que funciona mucho mejor que un diseño convencional, manteniéndose confortable en cualquier hora del día de 24°C a 26°C, mientras que su opuesto alcanza temperaturas incómodas de hasta 32°C.

En conclusión de todo el proceso, si se cumplió el objetivo general y se dio solución a la problemática, se desarrolló un modelo de vivienda multifamiliar en altura dentro de la ciudad de Villavicencio, el cual se comprobó por medio de simulaciones que su composición por patios y aplicación de las herramientas bioclimáticas, mejora en gran medida el confort higro-térmico interno en todos sus espacios, esto sin la necesidad de utilizar elementos de ventilación mecánica que afecten la salud de las personas que lo habiten.

La importancia de este proyecto radica en buscar el cambio de perspectiva del diseño en los edificios dentro de las ciudades Colombianas, es de suma importancia olvidar el concepto de que nos encontramos en un país tropical con condiciones climáticas perfectas, y empezar a preocuparnos por la salud y el bienestar de los habitantes de las edificaciones. Como se demuestra en este proyecto las estrategias de diseño bioclimático se pueden aplicar hasta en los entornos más complicados de resolver como lo son los espacios reducidos de los lotes pequeños. El patio es un elemento de diseño fundamental, sencillo de aplicar y funcional, el cual rompe esta dinámica de volúmenes pesados y el exceso de construcción en las manzanas, creando espacios saludables para las personas tanto en exteriores como en interiores.

Para este proyecto solo se planteó un edificio con esta nueva visión de diseño, pero que tal pensar en toda una manzana que replique estos conceptos, llena de vacíos, protecciones solares, zonas bien ventiladas e iluminadas y elementos de diseño bioclimático, creando diferentes espacios saludables para sus habitantes y cambiando la dinámica de las construcciones en las ciudades poco a poco.

9 BIBLIOGRAFÍA

Martínez, M. Y. A., Lima, G. Á. R., & Hernández, D. J. D. Elementos de confort integral en el ambiente interior para una arquitectura saludable. Universidad Autónoma del Estado de México, 35.

Izard, J. L. & G. A., 1980. *Arquitectura Bioclimática*. Barcelona: Edit Gili.

Harvell, C. D., 2019. Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota. *science*, Volume 296, pp. 2158-2162.

Givoni B, A., 1976. *Man, Climate and Architecture*. Architectural Science Series. London: Publishers. Ltd. .

Arquitectura bioclimática: casas que ahorran. (s. f.).

https://www.sostenibilidad.com/construccion-y-urbanismo/arquitectura-bioclimatica-casas-que-ahorran/?_adin=11592811531

Federovisky, S. (2019, 28 enero). ¿Crece la arquitectura bioclimática?: el aporte de la construcción sustentable al cuidado del medio ambiente, la salud y la economía. *infobae*. <https://www.infobae.com/tendencias/ecologia-y-medio-ambiente/2019/01/27/crece-la-arquitectura-bioclimatica-el-aporte-de-la-construccion-sustentable-al-cuidado-del-medio-ambiente-la-salud-y-la-economia/>

DBcity. (s. f.). Ciudades y pueblos del mundo. <https://es.db-city.com/>

Martinez, D. (2022) Análisis de los envolventes aplicados a las arquitecturas bioclimáticas en la actualidad.

Simancas Yovane, K. Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo. Tesis doctoral, UPC, Departament de Construccions Arquitectòniques I, 2003. ISBN 8468858218. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2117/93425>>

Sanchez, B. 2019. *Arquitectura Bioclimática: Conceptos y técnicas*. (2022, 2 septiembre). <https://ecohabitar.org/arquitectura-bioclimatica-conceptos-y-tecnicas/>

Senn C. L. 1970 *Man, Climate and Architecture* Book Review.

Olgyay, V. 1998. *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Gustavo Gili.

Giraldo-Castañeda, Walter, Czajkowski, Jorge Daniel, & Gómez, Analía Fernanda. (2021). Confort térmico en vivienda social multifamiliar de clima cálido en Colombia. *Revista de*

Arquitectura (Bogotá), 23(1), 115-124. Epub July 15, 2021. <https://doi.org/10.14718/revarq.2021.2938>

Lozano Ramón, C. P. (2010). Aplicación de sistemas de ventilación natural para el confort térmico de las habitaciones en un conjunto de viviendas multifamiliares-Distrito de Pichanaki.

Capitel, A. G. (2005). La arquitectura del patio. En E.T.S. Arquitectura (UPM) eBooks. E.T.S. Arquitectura (UPM). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=254803>

Rapoport, A. (1972). Vivienda y cultura.

Schoenauer, N. (1984). 6000 Años de hábitat.