



**La envolvente de la
vivienda urbana
contemporánea de
Manabí en caña guadúa
como aporte al confort
higrotérmico**

Walter David Cobeña Loor



Facultad de Arquitectura,
Planeamiento y Diseño.

Cobeña Loor, Walter David

La envolvente de la vivienda urbana contemporánea de Manabí en caña guadúa como aporte al confort higrotérmico / Walter David Cobeña Loor. - 1a ed. - Rosario : A&P. Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño, 2025.

Libro digital, PDF - (Tesis Doctorales ; 25)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-631-91355-1-0

1. Tesis Doctorales. 2. Arquitectura . 3. Ecuador. I. Título.
CDD 720.1

La envolvente de la vivienda urbana contemporánea de Manabí en caña guadúa como aporte al con- fort higrotérmico

Walter David Cobeña Loor



DOCTORADO EN ARQUITECTURA
Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño
Universidad Nacional de Rosario

Defensa oral y pública: 24 de junio de 2025
Directora: Dra. Arq. Ana Cravino
Codirector: Dra. Arq. Daniela Cattaneo
Jurado: Dr. Arq. Jorge Czajkowski, Dra. Arq. Alejandra Buzaglo y Dr. Arq. Raúl Hidalgo Zambrano
Calificación: 10 (sobresaliente)

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a todas las personas que, desde cerca o desde lejos, se convirtieron en fuentes fundamentales de conocimiento durante este meticuloso proceso de investigación. Gracias a su invaluable contribución, he podido descubrir y revelar nuevas perspectivas en el proceso constructivo, beneficiando así a mis estudiantes y a las futuras generaciones interesadas en la investigación.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a toda mi familia, quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de este arduo camino, en especial, mi profundo agradecimiento a mi madre, cuyo sacrificio y ejemplo han guiado mis pasos en cada etapa de mi vida académica y sobre todo a mis hijos, quienes con su amor y alegría han sido mi constante fuente de inspiración, les dedico este logro con todo mi corazón. Han sido ellos quienes, día a día, me han motivado a alcanzar este objetivo que me propuse hace tanto tiempo. Hoy, gracias a la bendición de Dios y al apoyo inquebrantable de mi familia, puedo culminar este sueño convertido en realidad.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimiento	3
Dedicatoria	4
ÍNDICE GENERAL	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	16
INTRODUCCIÓN	18
Planteamiento del problema	18
Hipótesis	23
Objetivo general	24
Objetivos específicos	24
Aspectos metodológicos	24
Identificación de variables	27
Operacionalización de variables	27
Matriz de operacionalización de variables	28
Aportes de la investigación y aperturas futuras	29

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1: CONFORT Y BIOCLIMATISMO EN LA ENVOLVENTE DE LA VIVIENDA CONTEMPORÁNEA	30
1.1. Diferencias entre el confort vs el bioclimatismo	31

1.2. La Vivienda contemporánea y la evolución de la resolución de la envolvente	33
1.2.1. La envolvente en la arquitectura contemporánea	37
1.2.2. Evolución y técnicas en la resolución de envolventes	39
1.2.3. Visión arquitectónica de la envolvente según las obras de los principales exponentes contemporáneos	41
1.2.4. Características de la envolvente	53
1.2.5. Retos y futuro en la envolvente de la vivienda contemporánea	55
1.3. Confort higrotérmico y confort térmico	56
1.3.1. Confort térmico	56
1.3.2. Relación de la arquitectura con el confort	57
1.3.3. Fundamentos del confort higrotérmico	58
1.3.4. Medición y evaluación del confort higrotérmico	60
1.3.5. Diseño arquitectónico y confort higrotérmico	62
1.3.6. Tecnologías y sistemas de control	63
1.3.7. Sostenibilidad y confort higrotérmico	65
1.3.8. Antecedentes y aplicaciones prácticas	66
1.4. Arquitectura bioclimática	78
1.4.1. Introducción a la arquitectura bioclimática	79
1.4.2. Importancia y beneficios de la aplicación de la arquitectura bioclimática	83
1.4.3. Diseño bioclimático y confort higrotérmico	84
1.4.4. Selección de materiales de construcción	92

CAPÍTULO 2

CAPITULO 2: LA CAÑA GUADÚA COMO MATERIAL DE ENVOLVENTE	100
2.1. La caña guadúa en la construcción de envolventes	101
2.2. La Caña Guadúa en la arquitectura bioclimática	103
2.3. Integración de caña guadúa en proyectos bioclimáticos - Casos internacionales y locales	105
2.3.1 Referentes arquitectónicos internacionales	105
2.2.2 Referentes arquitectónicos nacionales (Ecuador)	134
2.4. Marco legal: Utilización de la caña guadúa angustifolia como materialidad de la envolvente	144

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA GUADÚA COMO ENVOLVENTE	154
3.1. Estructura de la encuesta confort térmico	155
3.2. Análisis de datos de los resultados de la encuesta confort térmico	159
3.2.1. Datos sociodemográficos y de control del participante	159
3.2.2. Condiciones de la vivienda e índice de hacinamiento	161
3.1.3. Sensación térmica del ambiente interior del espacio (ASHRAE 55)	169
3.2.4. Satisfacción del ambiente térmico interior del espacio (ASHRAE 55)	173
3.3. Procedimiento para el análisis de datos de las 6 viviendas objeto de estudio	178

3.3.1. Vivienda tipo 1 - Calle González Suárez y Av. Rocafuerte	189
3.3.2. Vivienda tipo 2-Ciudadela el Maestro-Calle Atanasio Santos y 1 de enero	200
3.3.3. Vivienda tipo 3-Ciudadela los Olivos	211
3.3.4. Vivienda tipo 4- Portoviejo, Calle Fausto Vélez	222
3.3.5. Vivienda tipo 5 - Análisis de vivienda caña guadúa 1- Portoviejo	235
3.3.6. Vivienda tipo 6 - Análisis de Casa Wilfrido Loor – Caña guadúa 2	246
3.4 Análisis comparativo de las viviendas construidas en hormigón con las construidas en caña guadúa	256
3.5. Análisis de los resultados de la entrevista	261

■

CAPÍTULO 4

■

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES	268
CONSIDERACIONES FINALES Y APORTES	287
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	293
REFERENCIAS DE FIGURAS	314

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valle del Indo, una de las más antiguas civilizaciones urbanas del mundo	36
Figura 2. Castillo de Cocentaina	37
Figura 3. Casa de Frank	43
Figura 4. Crystal Palace	45
Figura 5. Caja Oscura	46
Figura 6. Vanna Venturi House	48
Figura 7. Casa de Ladrillo	50
Figura 8. Iglesia de la Luz	51
Figura 9. Edificio Unilever	53
Figura 10. Sistemas inteligentes remotos para maximizar el confort en la vivienda	66
Figura 11. Geometría exterior de las 5 hipótesis de este estudio	71
Figura 12. Datos simulados de verano representados en una carta psicrométrica que evalúa el confort según el criterio de Lenoir	73
Figura 13. Ejemplo aplicado de estrategia bioclimática con mayor superficie expuesta al Sol	74
Figura 14. Gráfico de temperatura y ganancias térmicas	76
Figura 15. Resultados de la investigación	77
Figura 16. Posibles escalas de aplicación de un sistema de fachada higroscópica	80
Figura 17. Casa Marie Short	90
Figura 18. Casa-muro de bambú, Shui Guan	91
Figura 19. Centro Botín, Santander	92
Figura 20. Torre de la Hearst	93

Figura 21. Ulm Stadhaus Exhibition & Assembly Building	94
Figura 22. Catedral de Christchurch, en Nueva Zelanda	97
Figura 23. Termas de Vals	98
Figura 24. Instituto del Mundo Árabe	99
Figura 25. Museo de Historia Ningbo	100
Figura 26. Escuela primaria de Gando	101
Figura 27. Ubicación georreferencial del Edificio Bambú de Carabanchel en Madrid, España	110
Figura 28. Edificio Bambú en Carabanchel – Madrid	111
Figura 29. Imagen de las contraventanas dispuestas en los balcones sobre la envolvente del Edificio Bambú.	113
Figura 30. Planos arquitectónicos del edificio Carabanchel	115
Figura 31. Cámara acústica y térmica provocada entre la envolvente de caña angustifolia y la fachada interna de las viviendas	116
Figura 32. Análisis del edificio Carabanchel	118
Figura 33. Papel de bambú con rejilla de metal	120
Figura 34. Proceso constructivo del edificio Carabanchel	121
Figura 35. Recorrido que hace el sol a lo largo del día sobre el Edificio Bambú de Carabanchel..	122
Figura 36. Esquema de relleno en entrenudos para uniones creado por Simón Vélez	125
Figura 37. Método de Simón Vélez aplicado a la Proyecto Ciudades ODS. Ecuador	126
Figura 38. Bocetos del Pabellón ZERI	128
Figura 39. Andamiaje – establecimiento de marcas de elevación – instalación de anillos de guadúa – preparación de aliso.	129

Figura 40. Instalación de columnas y anillos de soporte de guadúa – refuerzo del techo.	129
Figura 41. Construcción de tijerales, vigas y soporte diagonal.	130
Figura 42. Refuerzo del suelo mediante el entrelazado de arboloco, chusque, hierro y concreto.	130
Figura 43. Circularidad Inclusiva del Pabellón ZERI	131
Figura 44. Pabellón ZERI	132
Figura 45. Pavilion Made of Bamboo	134
Figura 46. La catedral de Bambú, Ciudad de Bali en la isla de Indonesia	135
Figura 47. Centro cultural Las Gilces, Manabí – Ecuador	138
Figura 48. Casa de Bambú, Proyecto Ciudades ODS. Olmedo- Manabí	140
Figura 49. Casa de Bambú, Proyecto Ciudades ODS. Olmedo- Manabí. Vista interior de la envolvente estructurada en caña guadúa	141
Figura 50. Centro de interpretación turística La Boca	142
Figura 51. Recubrimiento de paredes con latillas de bambú	153
Figura 52. Mapa esquemático de la ubicación de viviendas en las que se aplicaron las fichas técnicas de observación en el casco urbano de Portoviejo. Provincia de Manabí, República del Ecuador.	182
Figura 53. T Higrómetro PROTMEX PT6508	183
Figura 54. Anemómetro (HANDHELD WIND METER)	183
Figura 55. Medidor de temperatura y humedad Marca Vaisala HMT330	184
Figura 56. Termómetro infrarrojo PTD1	184
Figura 57. Escalas de sensación térmica con 7 y 9 valores.	186
Figura 58. Simulaciones	189
Figura 59. Simulaciones	189

Figura 60. Conocimientos técnicos	191
Figura 61. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda tipo 1. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	192
Figura 62. Vivienda del señor Segundo Saltos. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	192
Figura 63. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda tipo 1. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.	193
Figura 64. Planta arquitectónica de la vivienda tipo 1. Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	199
Figura 65. Gráficos de confort de la vivienda tipo 1. Portoviejo.	200
Figura 66. Gráfico de la Temperatura, Ganancias de calor y Caudales de Aire en una ventana: Dormitorio.	201
Figura 67. Gráfico de la Temperatura, Ganancias de calor y Caudales de Aire en una ventana: Sala.	201
Figura 68. Gráfico de vectores de velocidad (m/s)	202
Figura 69. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril	202
Figura 70. Datos PMV (Predicted mean vote) rangos de valores entre neutral a cálido, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).	202
Figura 71. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda tipo 2 Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	203
Figura 72. Vivienda del señor Jorge Luis Farfán. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	203
Figura 73. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda tipo 2. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.	204
Figura 74. Planta arquitectónica de la vivienda tipo 2. Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	210

Figura 75. Gráficos de confort de la vivienda tipo 2. Portoviejo.	211
Figura 76. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del cuarto de estudio	211
Figura 77. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 1	212
Figura 78. Gráfico de vectores de velocidad (m/s)	212
Figura 79. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril	213
Figura 80. Datos PMV (Predicted mean vote) rangos promedios de valores entre ligeramente fresco a ligeramente cálido, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).	213
Figura 81. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda tipo 3. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	214
Figura 82. Vivienda del señor Jhon Páez. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	214
Figura 83. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda tipo 3. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.	215
Figura 84. Planta arquitectónica de la vivienda tipo 3. Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador (2019)	221
Figura 85. Gráficos de confort de la vivienda tipo 3. Portoviejo.	222
Figura 86. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 2	222
Figura 87. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 1	223
Figura 88. Gráfico de vectores de velocidad (m/s)	223
Figura 89. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril	224

Figura 90. Datos PMV (Predicted mean vote) rangos promedios de valores entre ligeramente fresco a ligeramente cálido, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).	224
Figura 91. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda tipo 4. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	225
Figura 92. Vivienda de la Señora Cindy Villavicencio. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	225
Figura 93. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda tipo 4. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.	226
Figura 94. Planta arquitectónica de la vivienda tipo 4. Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	232
Figura 95. Gráficos de confort de la vivienda tipo 4. Portoviejo.	233
Figura 96. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 3	233
Figura 97. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana de la sala	234
Figura 98. Gráfico de vectores de velocidad (m/s)	234
Figura 99. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril	235
Figura 100. Datos PMV (Predicted mean vote) rangos promedios de valores entre ligeramente fresco a ligeramente cálido, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).	235
Figura 101. Resultados estadísticos de temperaturas de las viviendas analizadas.	236
Figura 102. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda caña guadúa. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	239
Figura 103. Vivienda de caña guadúa. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2023).	239

Figura 104. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.	240
Figura 105. Simulación térmica vivienda Caña Guadúa	242
Figura 106. Simulación de radiación solar vista en planta vivienda caña guadúa	243
Figura 107. Vientos predominantes vivienda	244
Figura 108. Simulación vientos predominantes vivienda Caña Guadúa	245
Figura 109. Simulación de presión del viento vivienda Caña Guadúa	245
Figura 110. Gráficos de confort de la vivienda caña guadúa. Portoviejo.	246
Figura 111. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de junio, en la ventana del dormitorio	246
Figura 112. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de junio en la ventana del dormitorio	247
Figura 113. Gráfico de vectores de velocidad (m/s)	247
Figura 114. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de junio	248
Figura 115. Datos PMV (Predicted mean vote) rangos promedios de valores entre ligeramente fresco a ligeramente cálido, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).	248
Figura 116. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Casa Wilfrido Loor. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).	249
Figura 117. Casa Wilfrido Loor antes de la restauración	250
Figura 118. Planta arquitectónica de la Casa Wilfrido Loor	251
Figura 119. Análisis de las viviendas según temperatura externa en relación a la temperatura interna de ambas viviendas en el horario de las 12:00H del día.	252
Figura 120. Análisis de la radiación solar en el horario de 12:00H del día y su relación con la temperatura interna Casa Wilfrido Loor	253

Figura 121. Gráficos de confort de la Casa Wilfrido Loor. Portoviejo	254
Figura 122. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 1	254
Figura 123. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 2	255
Figura 124. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril	255
Figura 125. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril	256
Figura 126. Datos PMV (Predicted mean vote)	256
Figura 127. Detalle de vivienda 1	259
Figura 128. Detalle de vivienda 2	260
Figura 129. Detalle de vivienda 3	261
Figura 130. Detalle de vivienda 4	261
Figura 131. Detalle de vivienda 5	262
Figura 132. Detalle de vivienda 6	263
Figura 133. Entrevista al Arq. Jorge Morán Ubidia. Ciudad de Guayaquil. Provincia del Guayas. República del Ecuador. (2019). Realizada por las estudiantes colaboradoras de la investigación.	264
Figura 134. Entrevista al Arq. Cristhian Melgar. Ciudad de Manta. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019). Realizada por las estudiantes colaboradoras de la investigación.	267

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos sociodemográficos y de control del participante según escala sensación térmica	163
Tabla 2. Condiciones de la vivienda: Características estructurales según escala de sensación térmica	166
Tabla 3. Condiciones de la vivienda: Características arquitectónicas y de habitabilidad según escala de sensación térmica	168
Tabla 4. Hacinamiento: Ocupación y dormitorios	170
Tabla 5. Prueba de chi-cuadrado entre hacinamiento y escala de sensación térmica	172
Tabla 6. Sensación del ambiente interior del espacio	174
Tabla 7. Percepción de la sensación térmica general	176
Tabla 8. Satisfacción térmica general	177
Tabla 9. Relación entre la satisfacción térmica general y las variables sociodemográficas y de control del participante	179
Tabla 10. Relación entre la sensación térmica y la satisfacción térmica general	181
Tabla 11. Descripción de materiales de la vivienda -1	194
Tabla 12. Análisis de la vivienda-1 según temperatura, humedad y velocidad de los vientos en diferentes días y meses del año.	195
Tabla 13. Descripción de materiales de la vivienda -2	205
Tabla 14. Análisis de la vivienda-2 según temperatura, humedad y velocidad de los vientos en diferentes días y meses del año.	206
Tabla 15. Descripción de materiales de la vivienda -3	216
Tabla 16. Análisis de la vivienda-3 según temperatura, humedad y velocidad de los vientos en diferentes días y meses del año.	217
Tabla 17. Descripción de materiales de la vivienda -4	227

Tabla 18. Análisis de la vivienda -4 según temperatura, humedad y velocidad de los vientos en diferentes días y meses del año.	228
Tabla 19. Estadística general de la variación de temperatura.	236
Tabla 20. Descripción de materiales de la vivienda	241
Tabla 21. Mediciones térmicas de la vivienda Caña Guadúa	241
Tabla 22. Análisis de temperatura radiante de la vivienda Wilfrido Loor	251

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

Históricamente es innegable que el hombre desde que adquiere una mínima capacidad organizativa se ha procurado a sí mismo su vivienda, por lo que, la ley máxima de cada país establece que es un derecho de cada ser humano contar con un espacio para su desarrollo como individuo y familia, que sea digno, confortable y que le posibilite protección (Gómez, 2001). Desarrollar estos espacios bajo las formas de expresión estética que son producto de la identidad colectiva y vincular estas manifestaciones con la dinámica familiar y el bienestar, es de vital importancia para la arquitectura como ciencia de la estética y la sostenibilidad bajo una orientación profesional que propicie espacios de calidad constructiva y de confort (García, 2005).

Sepúlveda (1986) señala que la vivienda se constituye en una de las manifestaciones físicas más evidentes de la cultura, estilo de vida e incluso del nivel económico de los pueblos, donde se concibe una necesidad básica de la vida de las personas. A través del tiempo, en el diseño y la construcción de viviendas, se ha logrado evidenciar que su envolvente se relaciona con la cultura y el nivel económico de los individuos y no pensando en el confort térmico que pueda proporcionar lo cual es uno de los principales efectos que perciben los seres humanos sin dejar de considerar los efectos sobre la salud que poseen ciertas partículas y sustancias que forman parte de los materiales de construcción (Martínez, 2005; Moreira, 2019).

En este ámbito, el hombre califica un ambiente como confortable cuando ningún tipo de incomodidad térmica está presente. La primera condición de confort es la neutralidad térmica, lo que significa que la persona no se siente demasiado calurosa, ni demasiado fría (Calderón, 2019).

Por otra parte, a la hora de diseñar los espacios exteriores es necesario considerar el confort higrotérmico que es una característica fundamental de la calidad ambiental urbana el cual toma en cuenta el índice de humedad y calor confortable según la climatología del entorno para favorecer su uso frecuente y saludable (Rincón et al, 2005). Este aspecto ha tomado un carácter muy relevante en el diseño y construcción de viviendas, producto de los avances de la ingeniería, de los sistemas de aire acondicionado y la climatización. Por ejemplo, los edificios ventilados naturalmente no solo dan sensación de confort a los ocupantes y consumen menos energía, sino también están vinculados con su cultura, con una manera particular de entender la relación interior-exterior e, incluso, la privacidad (Godoy, 2012).

Sekhar y Nayak (2018) sostienen que en los estudios de caso y en los análisis de consumo de energía asociados a la sostenibilidad de una construcción son temas frecuentes para realizar análisis del confort térmico.

Un ejemplo de esta nueva tendencia es el desarrollo de un suelo construido sobre neumáticos reciclados que absorben los movimientos producidos por un terremoto, destinado a la construcción de hábitat en Ecuador (Calderón, 2019), así como el uso de la caña guadúa como envolvente en las viviendas como un mecanismo para asegurar la habitabilidad y confort en su interior, el cual existe como normativa gubernamental (Largacha y Peñafiel, 2019).

Según Alías y Jacob (2011) mencionan que el desempeño poco satisfactorio de los espacios interiores de los conjuntos habitacionales de interés social, en cuanto al nivel de bienestar de sus usuarios en relación con la situación climática regional (cálida-húmeda) produce un alto consumo energético para alcanzar los valores adecuados de confort psicofísico en los espacios interiores.

Así mismo, Castillo Quimis et al. (2019) establece que la adecuación climática es un factor que se produce en un tiempo posterior al diseño y construcción, correspondiendo a los usuarios mitigar las falencias de los proyectos, recurriendo entonces a la implementación de dispositivos electromecánicos para la adecuación climática satisfactoria, generándose un continuo y excesivo consumo energético para la climatización interior.

Resulta necesario mencionar la Norma ISO 7730 (2014) el cual aborda el tema del bienestar térmico humano en ambientes interiores y proporciona una guía para evaluar el confort térmico en diferentes situaciones. Esta norma establece los parámetros necesarios para proponer medidas y estrategias para garantizar un ambiente interior térmicamente agradable para los ocupantes y minimizar el riesgo de enfermedades y molestias asociadas a extremos térmicos. Además, se evalúa la influencia de factores como la humedad y la velocidad del aire para una evaluación completa del confort térmico.

Ahora bien, en la ciudad de Portoviejo capital de la provincia de Manabí, la tercera más poblada del Ecuador, existen factores que repercuten significativamente en el confort higrotérmico, lo que perjudica el bienestar y la calidad de vida de los habitantes, tales como:

- Las condiciones climáticas.
- La no pertinencia de la materialidad determinada por la mala elección de materiales para la construcción, provocado en gran medida por la construcción en términos de fenómeno social a manos del sector informal, y
- El mal aprovechamiento del medio natural.

Buscar vías de solución de las problemáticas mencionadas desde la ciencia y con la utilización de recursos sostenibles disponibles y de fácil acceso, es de vital importancia para la transformación de la vivienda urbana, en donde se considera parámetros físicos-térmicos del entorno natural antes de ser implantada la edificación en esta zona del territorio ecuatoriano (Toala et al., 2022).

Bajo estas consideraciones, el objetivo principal de la presente investigación es demostrar el valor de la caña guadúa, en el comportamiento higrotérmico de la envolvente de la vivienda urbana. Además, de contribuir a la creación de una cultura de ambiente sostenible cuyo punto central es la promoción del bioclimatismo como opción indispensable para la arquitectura sustentable, a la vez se pretende demostrar que la arquitectura debe pensarse como ciencia no solo en el diseño y la construcción sino también en la salud de las personas que habitarán dichos espacios.

El clima en la región costera del Ecuador, en particular en Manabí, se ve afectado por dos indicadores climáticos: la corriente fría del Sur, también llamada de Humboldt, y la corriente cálida de El Niño. Durante el período de mediados de junio hasta fines de noviembre o mediados de diciembre, la corriente de Humboldt afecta el clima en Manabí, marcando un período frío y seco con poca lluvia y la presencia de garúas invernales en ciertas áreas. Durante este tiempo, la temperatura del agua del mar varía entre 23 y 25 °C (Campos y Mendoza, 2018).

El clima en Portoviejo es bastante equilibrado con una temperatura media de 24 °C y una temperatura máxima relativa de 36 °C. La humedad relativa tiene valores promedios de 76.2 anuales. Las precipitaciones promedio de los años 2000 al 2009 son de 596,20mm por año, los años más lluviosos fueron en el 2000 con 733mm y 2008 con 823mm; en tanto que los más secos son el 2001, 2003, y el 2009 con precipitaciones por debajo de los 500mm (GADM Portoviejo, PORTOAGUAS, 2019).

Por tal razón, es necesario encontrar un material que proporcione mejores condiciones de temperatura y humedad para hacer más sostenible la construcción de viviendas urbanas y que fortalezcan las prácticas constructivas tradicionales utilizando recursos como la caña guadúa. La caña guadúa es un recurso natural muy versátil que ofrece múltiples servicios y posibilidades de uso para lograr una vida autosuficiente. Su uso está arraigado cultural y tradicionalmente en esta tierra fértil. Todo esto con el objetivo de hacer que la arquitectura sea una ciencia sostenible (Jové et al., 2013).

La caña guadúa es un material económico y ventajoso para la construcción de viviendas, ya que ofrece una gran resistencia en relación con su peso, tiene características excepcionales que la hacen ideal para proyectos de construcción de viviendas con una visión industrial innovadora y un bajo impacto ambiental,

La desconfianza en la durabilidad de la caña guadúa es una de las razones por las que se la asocia erróneamente con la pobreza. Además, existe una desconfianza generalizada en la sociedad hacia cualquier material que no sea parte de los métodos "convencionales" de construcción basados en el hormigón. Por ello, es imperioso rescatar materiales alternativos de construcción que cumplan con las condiciones sismo resistentes y de bajo impacto ambiental (Bonilla y Merino, 2017). Por su parte, Loaiza (2019) menciona que posterior al evento del terremoto del 16 de abril, la caña guadúa aparece como una oportunidad ambiental para mejorar la habitabilidad de las personas afectadas por el evento sísmico, con la utilización de esta alternativa de construcción. Al tratarse de un material de construcción resistente y flexible

centrándose en el diseño y la innovación (Delgado, 2017). A pesar de su gran utilidad, su reputación se ha visto afectada por ser considerada "la madera de los pobres", lo que ha llevado a un uso inadecuado en asentamientos marginales y a ser asociada con la pobreza (Camino, 2011).

que puede soportar cargas pesadas y movimientos sísmicos, es un recurso renovable y sostenible lo que la hace una opción asequible y accesible para la reconstrucción de viviendas y estructuras dañadas por eventos adversos como terremotos. Como respuesta de parte del gobierno nacional, se establece el Acuerdo Ministerial No. 033-16, que se determina la normativa aplicable para la construcción NEC-HS-AU: Accesibilidad Universal; NEC-SE-GUADÚA: Estructuras de Guadúa; NEC-DR-BE: Viviendas de Bahareque Encementado de 1 y 2 pisos (MIDUVI, 2016).

Se establecieron un conjunto de especificaciones mínimas, organizadas por capítulos dentro de tres ejes de acción:

- Seguridad Estructural (NECSE);
- Habitabilidad y Salud (NEC-HS) y

Servicios Básicos (NEC-SB). Adicionalmente, la NEC incluye la figura de Documentos Reconocidos (NEC-DR), todo ello en concordancia con las Normas y estándares internacionales • NTE INEN-ISO 80000-1:2014 Cantidades y Unidades – Parte 1: Generalidades (ISO 80000-1:2009, IDT), • ISO 22156: 2004 Bamboo - Structural Design. • ISO/22157-1: 2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements. • ISO/22157-2: 2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties – Part 2: Laboratory manual. • Norma Técnica E 100 Bambú, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2009. NTP341.026:1970 Barras de Acero al Carbono Laminadas en Caliente para Tuercas. • NTP341.028:1270 Barras de Acero al Carbono Laminadas en Caliente para Pernos y Tornillos Formados en Caliente. 11 • Norma Sismo Resistente NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente: - Capítulo G.12.

De acuerdo con datos del Gobierno Provincial de Manabí (2021), en toda la provincia se han reforestado 3.087 hectáreas con especies maderables y de conservación. Manabí junto con Guayas y Los Ríos se convierten en las principales provincias productoras de este recurso natural, lo cual pondera su uso entre otros materiales que no son propios de la región.

Por todo lo expuesto, se hace necesario evidenciar desde la investigación científica cómo la envolvente de la vivienda de caña guadúa en un entorno urbano, aporta al confort higrotérmico proporcionando una mejor calidad de vida. Además, fomenta una cultura de sostenibilidad ambiental cuyo enfoque principal es promover el uso del bioclimatismo como una opción esencial para la arquitectura sustentable. En este contexto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo influye el uso de la caña guadúa en la envolvente de las viviendas urbanas contemporáneas de Portoviejo-Manabí en el confort higrotérmico de los espacios interiores y cómo puede esta opción ser promovida como una estrategia de arquitectura sustentable y de bioclimatismo?

Hipótesis

La incorporación de la caña guadúa como envolvente en viviendas urbanas contemporáneas mejora el confort higrotérmico y ofrece una solución bioclimática eficaz, realzando la estética de la arquitectura local, promoviendo la sostenibilidad económica y ambiental al optimizar la eficiencia energética.

Objetivo general

Demostrar el valor de la caña guadúa, en el comportamiento higrotérmico de la envolvente de la vivienda urbana de Portoviejo-Manabí, para la contribución del bioclimatismo como opción indispensable en la arquitectura sustentable.

Objetivos específicos

1. Establecer la evolución histórica y la visión arquitectónica de la envolvente desde la concepción de destacados referentes contemporáneos delimitando la importancia de la materialidad y su relación con el confort higrotérmico.
2. Conocer las propiedades de la caña guadúa como material de envolvente para aplicaciones en construcción.
3. Describir la percepción del confort térmico y su relación con el índice de hacinamiento en los habitantes de la ciudad de Portoviejo-Manabí.
4. Determinar el confort higrotérmico de las envolventes de construcción tradicional y de caña guadúa en viviendas urbanas contemporáneas de Portoviejo-Manabí

Aspectos metodológicos

Para conocer la evolución histórica de la envolvente en la construcción de viviendas a lo largo del tiempo, se realizó una breve descripción de los elementos y

características que la conforman en las diferentes etapas del desarrollo humano, así como sus características con relación a la

materialidad y la permeabilidad relacionados con el confort higrotérmico.

La materialidad de la envolvente es un elemento indispensable que ha ido evolucionando en la medida que el hombre fue identificando sus necesidades, resulta una solución innovadora de captación de energía (Steen, 2014), además, constituye un elemento que determina la higrotermia, por lo que exponer los principales conceptos, sus ventajas y factores fue de vital importancia con relación a la arquitectura bioclimática.

A lo largo de los años, se ha buscado una arquitectura que sea amigable con el ambiente, y esto ha llevado al desarrollo de diversas soluciones, tal es el caso de la arquitectura bioclimática, que promueve la creación de edificios de elevada eficiencia energética (Rodenas, 2021). Por ello, se determinó estudiar la caña guadúa angustifolia como materialidad de la envolvente demostrando sus aportes al confort higrotérmico, donde se proporciona información detallada de la caña guadúa como material constructivo.

Se precisa señalar, que uno de los máximos exponentes de la utilización de la

caña guadúa como material constructivo es el arquitecto Simón Vélez, quien ha realizado grandes aportes técnicos a su empleo y utilización. Marcó un hito en su carrera, logrando mirar al material de guadúa no solo como arquitectura, sino como ingeniería. Una de sus obras más emblemáticas la erigió en el Pabellón de la Guadúa en el Expo Hannover 2000 (Delgado, 2006).

Con el objetivo de determinar el confort higrotérmico de las envolventes de las viviendas urbanas contemporánea se realizó un análisis de caso de 6 viviendas (4 viviendas con envolvente de bloque y ladrillo, y 2 viviendas con envolvente de caña guadúa) en el cantón Portoviejo de la provincia de Manabí.

Se evidenció que existen dificultades en cuanto a los procesos constructivos, diseño, localización espacial y principalmente la elección de materiales de la envolvente, contribuyendo a determinar la existencia de una percepción de confort higrotérmico inadecuada en las personas participantes del estudio, así como en las mediciones realizadas, lo que conllevó a buscar una vía de solución a la problemática existente.

Vale destacar, que durante la investigación se presentó la pandemia por COVID-19, y dentro de las medidas adoptadas por el COE Nacional en el Ecuador para prevenir el contagio de las personas, se determinó un periodo de cuarentena que aisló a las familias en sus viviendas por largos periodos de tiempo, lo que propició realizar un estudio de percepción higrotérmica bajo situaciones excepcionales. Esta situación, permitió demostrar la importancia de la materialidad de la envolvente en el confort higrotérmico en esta zona de estudio, que por sus condiciones meteorológicas presenta cifras con temperaturas altas en casi todo el año.

En cuanto a la metodología aplicada, se aborda la investigación bajo el paradigma cuali-cuantitativo desde un estudio de campo de casos control, descriptivo, experimental. Al referirse al paradigma cualitativo, se aplicó al analizar los referentes teóricos que sustentan la investigación, así como el análisis de los casos correspondientes al estudio de campo. En cuanto al paradigma cuantitativo, se aplicó al estudiar variables como la sensación de confort higrotérmico con la utilización de la escala de Ashrae, el análisis de las mediciones de la temperatura

interna y externa de las viviendas, la temperatura de la envolvente (paredes, pisos, cubierta) y la velocidad del viento; estimando los métodos de estadística descriptiva frecuencia absoluta y media porcentual, así como también la utilización de modelos matemáticos de control y design builder.

Al identificar las viviendas del estudio se dividió la ciudad en cuatro cuadrantes tomando de cada uno de ellos viviendas de ambos grupos, las que fueron georreferenciadas (SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN DATUM WGS 84) con la finalidad de controlar mejor el estudio. Para la evaluación de las condiciones de higrotermia se utilizaron los métodos basados en Ecotect y Design Builder los que permitieron tener una correcta base de datos y una acertada proyección de higrotermia. Para la interpretación de las mediciones in situ se usaron los indicadores de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC – 11 en su capítulo 13 Eficiencia Energética en la construcción en Ecuador (2011).

La recolección de la información se realizó en diferentes horas, días, y estaciones del año. Estas mediciones se realizaron in situ

en el interior y exterior de cada vivienda por un período de 12 meses. Una vez aplicada la investigación en su etapa de estudio de campo se analizaron los datos y se expone el resultado del análisis de los datos obtenidos. En ellos se determina la relación entre la

envolvente en caña guadúa y su repercusión en el confort higrotérmico con el análisis de una vivienda y la comparación con otras investigaciones llegando a obtener diversas conclusiones.

Identificación de variables

La identificación de variables es un paso fundamental en el diseño de la investigación. Es necesario identificar las variables independientes (aquellas que se manipulan o cambian- Hacinamiento) las variables dependientes (aquellas que se miden u observan – Percepción de confort térmico) y las variables de control (aquellas que se mantienen constantes para evitar que influyan en los resultados). Este proceso permite seleccionar adecuadamente los métodos de medición y análisis de datos necesarios para la investigación, asegurando así la validez y confiabilidad de los resultados.

Las variables de control (todas las características particulares como edad, género, vestimenta y otros de la población participante en la encuesta) se mantienen constantes para garantizar que cualquier cambio observado en las variables dependientes se deba únicamente a las modificaciones en las variables independientes. Esto elimina posibles factores de confusión y permite una interpretación más precisa de los resultados.

En este caso:

Variable independiente: Hacinamiento. Esta variable se puede manipular o cambiar (por ejemplo, aumentando o disminuyendo el número de personas en un espacio determinado) para observar cómo afecta a otra variable.

Variable dependiente: Percepción de confort térmico. Esta variable se mide u observa para ver cómo cambia en respuesta al hacinamiento.

Entonces, en este contexto específico el hacinamiento sería la variable independiente y la percepción de confort térmico sería la variable dependiente.

Operacionalización de variables

Para llevar a cabo la operacionalización de variables, se parte de la definición conceptual de las variables identificadas en la fase de diseño de la investigación. Esta definición conceptual se debe traducir en indicadores concretos que permitan medir la variable. Estos indicadores dan lugar a las denominadas definiciones operativas, que son las que se utilizarán durante el estudio.

Matriz de operacionalización de variables

Variab	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica de recolección de datos
Percepción del confort térmico	"la experiencia subjetiva de una persona acerca de la condición térmica de su entorno" (ASHRAE, 2020)	Factores personales	Edad Sexo Estatura Peso Enfermedad crónica Ubicación geográfica Actividades diarias. Tipo de vestimenta. Horario de la entrevista.	Encuestas con escala de Likert (Ashrae, 2020)
		Condiciones de la vivienda	Calidad constructiva de la vivienda Características específicas de la vivienda	
		Sensación del ambiente interior del espacio	Sensación Térmica Sensación de humedad Velocidad del viento Sensación lumínica Sensación auditiva Sensación olfativa Tolerancia personal Aceptación personal del ambiente	
		Preferencia del ambiente interior del espacio	Preferencia térmica Preferencia hídrica Preferencia eólica Preferencia lumínica Preferencia auditiva Preferencia olfativa	
		Estado de ánimo con relación a las condiciones ambientales	Evaluación afectiva	

Hacinamiento	La relación entre número de personas y número de dormitorios es mayor a tres o en el caso no existir ningún dormitorio exclusivo para dormir (CEPAL y PNUD, 1989; Añazco y Pérez, 2016)	Ocupación	Número de personas en el hogar	(Feres, y Mancero,2001)
		Densidad	Número de dormitorios de la vivienda	

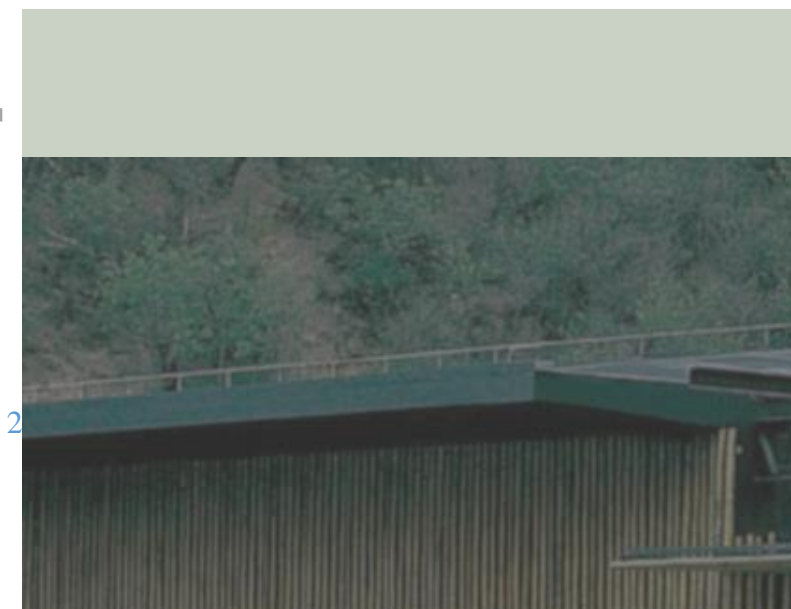
Aportes de la investigación y aperturas futuras

Con la presente investigación se pretende demostrar la importancia del uso de la caña guadúa como material para la envolvente de la vivienda urbana contemporánea en Manabí, ya que se toma en cuenta todas sus virtudes para el abordaje de una vivienda digna, sostenible, con un nivel óptimo de confort higrotérmico, incentivando su uso como material alternativo de durabilidad, calidad, bajo costo y accesible, cambiando la concepción popular de la caña guadúa como sinónimo de pobreza.

Se establece un paradigma constructivo asequible a todas las clases sociales, donde se brinda la posibilidad de elevar la calidad de vida y la satisfacción de la población al proporcionar una vivienda acorde a los lineamientos legalmente

establecidos en la Constitución de la República del Ecuador, relacionado con los derechos de todo ser humano a tener una vivienda digna y comfortable que propicie el desarrollo de los individuos y de la familia. Se crea conciencia de la utilización de los recursos naturales en beneficio del hombre, siendo una solución viable en el cuidado del ambiente y reducción de consumo de energía.

||



CAPÍTULO 1: CONFORT Y BIOCLIMATISMO EN LA ENVOLVENTE DE LA VIVIENDA CONTEMPORÁNEA

Este capítulo introduce los conceptos fundamentales del confort y el bioclimatismo como pilares de la arquitectura sostenible. Se enfoca en cómo los elementos de diseño arquitectónico, particularmente la "envolvente" o capa exterior de los edificios, juegan un papel crucial en el logro de un ambiente interior confortable y eficiente energéticamente. Este enfoque no sólo busca la habitabilidad y la comodidad, sino que también enfatiza la eficiencia y el respeto por el medio ambiente.

Al destacar el uso de materiales sostenibles y técnicas de construcción adaptadas al clima, el capítulo prepara el terreno para demostrar cómo la caña guadúa puede ser esencial en la construcción de viviendas que son tanto sostenibles como adecuadas para el clima tropical de Portoviejo. Este material, debido a sus propiedades térmicas y su disponibilidad local, puede ser un componente vital para la promoción del bioclimatismo.

Mediante la revisión de tendencias contemporáneas y el uso de la envolvente en la arquitectura, se proporciona un contexto para comprender la importancia de la materialidad y su relación con el confort higrotérmico. Se establece cómo la integración de técnicas tradicionales y modernas ha permitido a los arquitectos y diseñadores crear edificaciones que

responden eficazmente a sus entornos climáticos, optimizando el uso de recursos naturales y minimizando la dependencia de sistemas mecánicos.

Además, el capítulo discute cómo el diseño bioclimático, mediante la adaptación del diseño arquitectónico a las condiciones climáticas locales, ofrece estrategias para reducir la necesidad de calefacción y refrigeración artificial, lo que disminuye el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas estrategias incluyen la orientación adecuada, el uso de la masa térmica, la ventilación natural, y el sombreado estratégico.

Al final, se argumenta que el diseño bioclimático no solo mejora la calidad de vida de los ocupantes creando óptimas condiciones internas, sino que también juega

un papel crucial en la promoción de la sostenibilidad ambiental a nivel global. Estos fundamentos establecen cómo el proyecto específico puede contribuir a un cambio más amplio hacia prácticas de construcción sostenibles en el ámbito de la arquitectura contemporánea.

1.1. Diferencias entre el confort vs el bioclimatismo

En este contexto, el confort y el bioclimatismo constituyen dos pilares fundamentales en la arquitectura sostenible contemporánea, orientando el diseño de espacios que no solo son habitables y agradables, sino también eficientes y respetuosos con el medio ambiente. Esta integración refleja un enfoque holístico que considera el bienestar humano y la interacción armónica con el entorno natural como objetivos clave en el proceso de diseño arquitectónico.

El confort, en su esencia, se relaciona con la creación de ambientes interiores que promueven el bienestar físico y psicológico de los ocupantes. Esto abarca aspectos como la temperatura, la calidad del aire, la iluminación natural, y la acústica, elementos

que deben ser cuidadosamente balanceados para satisfacer las necesidades humanas. Sin embargo, alcanzar este confort no debe implicar un uso desmedido de recursos o un impacto ambiental negativo. Aquí es donde el bioclimatismo entra en juego, ofreciendo estrategias que aprovechan las condiciones climáticas y los recursos naturales del entorno para optimizar el desempeño térmico y lumínico de los edificios.

El bioclimatismo se enfoca en el diseño de edificaciones que se adaptan a su contexto climático específico, utilizando principios como la orientación adecuada, la masa térmica, la ventilación natural, y el sombreado estratégico para minimizar la necesidad de calefacción, refrigeración e iluminación artificial. Esta aproximación no solo mejora el confort interior, sino que también reduce la huella ecológica de los edificios, al disminuir el consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero.

La búsqueda de confort y bioclimatismo implica un desafío creativo y técnico, requiriendo una comprensión profunda de la física del edificio, la meteorología y la psicología humana. Los arquitectos y diseñadores deben emplear

tecnologías innovadoras y técnicas tradicionales, a menudo inspiradas en soluciones vernáculas, para crear espacios que sean al mismo tiempo modernos y atemporales, eficientes y acogedores.

En este contexto, el diseño arquitectónico se convierte en una respuesta inteligente y sensible a las condiciones ambientales, un medio para alcanzar una simbiosis entre el ser humano y su entorno. La integración efectiva de principios de confort y bioclimatismo representa un avance significativo en el diseño arquitectónico, no solo mejorando substancialmente la calidad de vida de los ocupantes mediante la creación de espacios internos óptimos, sino también jugando un papel crucial en la promoción de la sostenibilidad ambiental a nivel global. Esta sinergia no solo se enfoca en satisfacer las necesidades inmediatas de confort térmico, calidad del aire y luz natural, sino que también aborda la urgencia de reducir nuestra huella ecológica mediante el uso inteligente y eficiente de los recursos disponibles.

Al priorizar el bienestar humano y la eficiencia energética, la arquitectura

bioclimática se convierte en una herramienta poderosa para enfrentar desafíos ambientales contemporáneos, como el cambio climático y la degradación de recursos naturales. A través de la optimización del diseño y la implementación de tecnologías sustentables, es posible minimizar el consumo de energía no renovable y las emisiones contaminantes, contribuyendo significativamente a la conservación del medio ambiente para las generaciones presentes y futuras.

Esta estrategia holística hacia el diseño arquitectónico no solo implica una mejora en la eficiencia energética y la reducción de impactos ambientales negativos, sino que también promueve una mayor conexión entre los seres humanos y su entorno natural. Al diseñar edificaciones que se integran armoniosamente con el clima y el paisaje locales, se fomenta una mayor conciencia y aprecio por la naturaleza, incentivando un cambio cultural hacia estilos de vida más sustentables.

Además, la adopción de principios bioclimáticos en la arquitectura tiene el potencial de transformar las ciudades y comunidades, convirtiéndolas en entornos

más saludables, resilientes y adaptativos. Esto no solo mejora la calidad ambiental urbana, sino que también crea espacios públicos y privados que son más vivibles, atractivos y inclusivos.

En última instancia, el éxito en la integración de confort y bioclimatismo en el diseño arquitectónico señala un compromiso con la innovación, la responsabilidad ambiental y el mejoramiento social. Esta dirección no solo demuestra que es posible alcanzar un equilibrio entre el progreso humano y la preservación del planeta, sino que también nos invita a repensar y reimaginar nuestras prácticas de construcción y habitabilidad, marcando el camino hacia un futuro más sostenible, verde y habitable para todos. Este enfoque integrador es, por lo tanto, un llamado a la acción para diseñadores, arquitectos, urbanistas y políticos, enfatizando la importancia de la sostenibilidad como principio fundamental en la creación de nuestro entorno construido.

Ante el panorama descrito, se procede a realizar una exhaustiva revisión histórica que traza la evolución de la envolvente arquitectónica en la vivienda

contemporánea, destacando cómo este elemento crucial ha sido reinterpretado y transformado a lo largo del tiempo para responder a las cambiantes demandas estéticas, funcionales y medioambientales.

1.2. La Vivienda contemporánea y la evolución de la resolución de la envolvente

La vivienda contemporánea, profundamente influenciada por la revolución industrial del siglo XVIII, marcó un punto de inflexión en la historia arquitectónica al generar un cambio significativo en la resolución de la envolvente de los edificios, particularmente en relación con los problemas ambientales derivados del alto contenido de CO₂ y la sustitución de la ventilación natural por sistemas de climatización mecánicos.

Este período histórico, caracterizado por el uso de fachadas acristaladas y la proliferación de coches y artefactos mecánicos y electrónicos, desencadenó una creciente preocupación por el cambio climático y el medio ambiente, lo que a su vez llevó a la realización de importantes cumbres internacionales y a la formulación

de políticas ambientales como el Protocolo de Kioto¹.

En este contexto, emerge la arquitectura bioclimática, definida por el uso de elementos arquitectónicos constructivos y pasivos que buscan transformar las condiciones del microclima hacia el bienestar termofisiológico humano, priorizando el uso de energías pasivas para reducir el consumo de energía y minimizar los impactos ambientales negativos. Esta aproximación integra tanto sistemas activos, como sistemas mecánicos de climatización que necesitan energía eléctrica, como sistemas pasivos que persiguen el confort climático sin depender de la energía eléctrica, utilizando en su lugar energías limpias y renovables como la solar, eólica, y la ventilación natural.

El objetivo es alcanzar un confort higrotérmico, manteniendo la temperatura interior dentro de un rango de confort óptimo, independientemente de las

condiciones climáticas externas. La arquitectura bioclimática no solo impacta positivamente el entorno y los espacios interiores, sino que también contribuye a un microclima más agradable, aprovechando los recursos naturales y reduciendo los gastos energéticos. La meta final es proporcionar el confort necesario en función de las exigencias climáticas del lugar, logrando una integración del ser humano con su entorno y el medio ambiente, tal como lo demuestra Baruch Givoni en su libro "Man Climate and Architecture" (Givoni, 1969).

La función principal de la arquitectura, en este sentido, es ofrecer confort sin olvidar el medio en el que se emplaza, aprovechando la energía gratuita del agua y del sol, y el viento generado por las diferencias de temperatura que la radiación solar misma provoca en el planeta Tierra.

¹ El Protocolo de Kioto es un acuerdo internacional que fue adoptado en 1997 en la ciudad de Kioto, Japón, bajo los auspicios de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Su objetivo principal es combatir el calentamiento global mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Las naciones industrializadas que ratificaron el protocolo se comprometieron a reducir

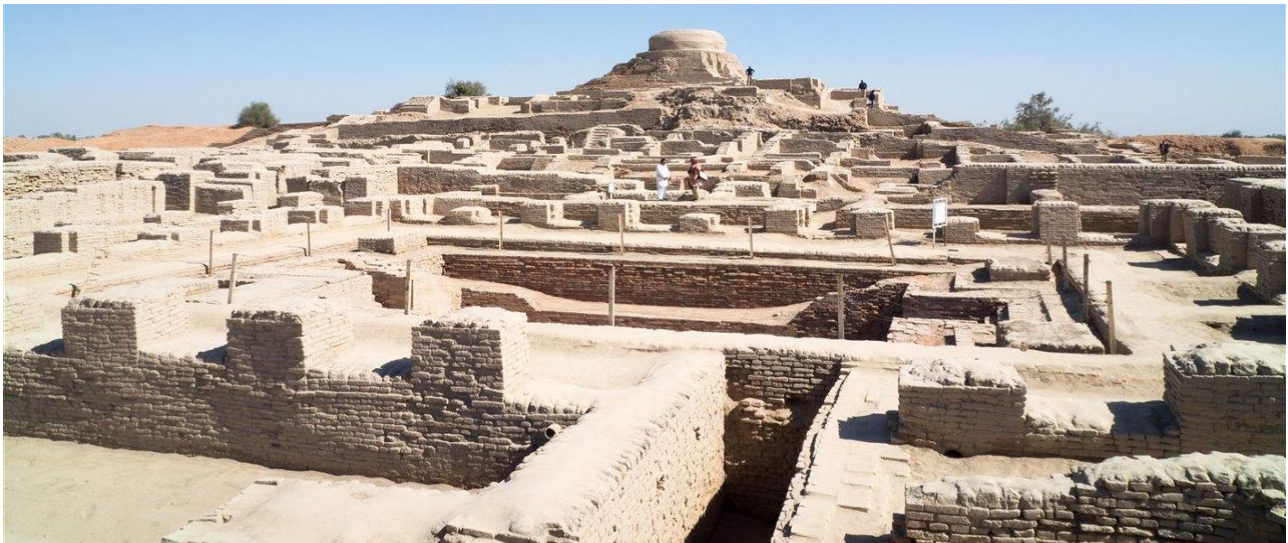
sus emisiones colectivas de seis gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre) a niveles inferiores a los de 1990, en un esfuerzo conjunto para mitigar los efectos del cambio climático. El protocolo establece metas específicas de reducción para cada país firmante y promueve el uso de mecanismos de mercado, como el comercio de derechos de emisión, para alcanzar estos objetivos de manera coste-efectiva.

Por otro lado, la vivienda contemporánea se refiere a las residencias diseñadas y construidas en el contexto de las tendencias arquitectónicas, tecnológicas y sociales del siglo XXI. Esta era se caracteriza por la rápida urbanización, la diversidad cultural, los avances tecnológicos y una creciente conciencia ambiental. Las viviendas contemporáneas reflejan estos cambios y desafíos, buscando ofrecer espacios habitables que sean funcionales,

estéticos y sostenibles (Johnson & Munshi-South, 2017).

Las primeras viviendas humanas eran estructuras simples, como cuevas y chozas, construidas con materiales disponibles en el entorno. Con el desarrollo de las primeras civilizaciones en Mesopotamia, Egipto, y el Valle del Indo (Figura 1), aparecieron formas más complejas de viviendas, incluyendo casas de ladrillo de barro y grandes estructuras de piedra.

Figura 1. Valle del Indo, una de las más antiguas civilizaciones urbanas del mundo



Nota: En primer plano se observa el núcleo central de la ciudad y una amplia piscina que, muy probablemente, desempeñaba una función ritual asociada al elemento agua. En el plano posterior, destaca una estructura circular que corresponde a un estupa budista, erigido varios siglos más tarde

La arquitectura residencial se diversificó con villas romanas y casas griegas

centradas en patios internos, reflejando tanto la importancia de la vida familiar como

el estatus social. Para la Edad Media en Europa, las casas eran principalmente estructuras de madera con techos de paja. Los castillos y las casas señoriales evidenciaban una marcada diferencia de clases (Figura 2). Sin embargo, para el Renacimiento surge un interés en la proporción, la simetría y la perspectiva en la arquitectura. Las viviendas de la élite se vuelven más ornamentadas y confortables.

Figura 2. Castillo de Cocentaina



Y en el Siglo XVIII y XIX, a partir de la Revolución Industrial, la urbanización masiva cambió drásticamente el panorama de la vivienda. Las ciudades se expandieron rápidamente, a menudo sin una planificación adecuada, lo que llevó a condiciones de vida abarrotadas y poco saludables. Así también, los movimientos de reforma de viviendas

emergieron para abordar los problemas de las viviendas urbanas, promoviendo mejoras en la sanidad y la construcción.

Los diseños de viviendas contemporáneas enfatizan la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles y un menor impacto ambiental. El avance tecnológico ha llevado a la integración de sistemas inteligentes en la vivienda, mejorando la comodidad, la seguridad y la eficiencia. La arquitectura contemporánea celebra la diversidad en el diseño.

construcciones de nuestros ancestros hasta las sofisticadas viviendas inteligentes de hoy, cada etapa representa una respuesta a las necesidades, desafíos y aspiraciones de su tiempo. La vivienda contemporánea, con su énfasis en sostenibilidad, tecnología y personalización, es un testimonio de esta continua evolución.

1.2.1. La envolvente en la arquitectura contemporánea

La envolvente arquitectónica representa uno de los aspectos más críticos en el diseño de edificaciones, actuando como el interfaz primordial entre las condiciones exteriores y los ambientes internos. Este elemento no solo define la estética y la identidad de un edificio, sino que también juega un papel esencial en la sostenibilidad y eficiencia energética de la estructura.

La arquitectura contemporánea ha llevado estos principios hacia nuevos horizontes, integrando tecnologías avanzadas y sostenibles que responden de manera activa y pasiva a las condiciones ambientales. La envolvente en estos contextos no solo se considera por su capacidad de aislamiento y control solar, sino también como una entidad dinámica capaz de adaptarse cambiando sus propiedades en respuesta a variaciones climáticas, optimizando así el confort interior y minimizando el consumo energético (Lotfabadi y Hançer, 2019). Materiales inteligentes, sistemas de fachadas ventiladas y la integración de vegetación en las superficies exteriores son ejemplos claros de cómo la arquitectura contemporánea busca

superar los desafíos del desarrollo sostenible.

Esta evolución refleja un cambio profundo en la concepción de la envolvente, desde un mero límite físico a un componente activo que mejora la habitabilidad, eficiencia e impacto ambiental de los edificios, marcando un claro contraste y continuación del legado de la arquitectura moderna hacia prácticas más innovadoras y responsables en el diseño contemporáneo.

Comprender la función y el diseño de la envolvente en la arquitectura contemporánea es esencial para apreciar cómo los edificios interactúan con su entorno y satisfacen las necesidades de sus ocupantes. La envolvente de un edificio, que incluye la fachada, el techo, las ventanas y las puertas, actúa como un mediador entre el interior y el exterior, desempeñando un papel crucial en la regulación del clima interior, la eficiencia energética y la estética general del edificio. En la arquitectura contemporánea la envolvente no solo se considera desde una perspectiva funcional, sino también como una expresión artística y

técnica. Los arquitectos buscan diseños que maximicen la luz natural y la ventilación, al tiempo que mantienen un equilibrio con los requisitos de aislamiento y privacidad. Esto se logra a través de un diseño cuidadoso que contempla la orientación del edificio, la geografía y el clima local. La envolvente también es una herramienta clave para la sostenibilidad, ya que los materiales y la construcción utilizados pueden reducir significativamente el consumo de energía y los costos operativos a lo largo del tiempo (Galindo-Díaz et al., 2020).

Paralelamente, la exploración de nuevos materiales y tecnologías ha revolucionado el diseño de envolventes en la arquitectura contemporánea. Los avances en materiales como vidrios de alto rendimiento, que pueden ajustar su transparencia y propiedades térmicas en respuesta a las condiciones externas, han permitido un mayor control sobre la temperatura y la luz interior, mejorando así la eficiencia energética y el confort (Betancourt-Velasco y García-Alvarado, 2012).

1.2.2. Evolución y técnicas en la resolución de envolventes

La envolvente de una vivienda, esencialmente la barrera que separa el

interior del exterior, ha sido un foco clave de evolución en la arquitectura residencial. Este Los materiales compuestos, que ofrecen alta resistencia y durabilidad con un peso relativamente bajo, han abierto nuevas posibilidades en términos de formas y tamaños de envolventes. Además, las tecnologías emergentes como los paneles fotovoltaicos integrados en fachadas y techos no solo se utilizan para la generación de energía renovable, sino que también se incorporan como elementos estéticos del diseño. Otro desarrollo significativo es el uso de sistemas de aislamiento avanzados y técnicas de construcción que mejoran la hermeticidad de la envolvente, minimizando las pérdidas de calor y contribuyendo a la sostenibilidad general del edificio. Estas innovaciones en materiales y tecnologías no solo han mejorado la funcionalidad de las envolventes, sino que también han ampliado los límites del diseño arquitectónico, permitiendo a los arquitectos explorar nuevas formas y expresiones en sus creaciones (Hadrovic, 2021).

componente no solo es crucial para definir la estética y la identidad visual de una vivienda, sino que también desempeña un papel fundamental en la sostenibilidad, la eficiencia energética y el confort ambiental del espacio habitable. A lo largo de la historia, las técnicas y materiales utilizados para construir estas envolventes han evolucionado considerablemente, reflejando cambios en la tecnología, la estética y las preocupaciones ambientales.

El desarrollo y los cambios en las envolventes de los edificios a lo largo del tiempo reflejan una fascinante evolución en la arquitectura, marcada por innovaciones tecnológicas y respuestas a cambios sociales y ambientales (Al-Saadi & Al-Jabri, 2020). Históricamente, las envolventes eran principalmente funcionales, destinadas a proteger del clima y proporcionar seguridad, con materiales y técnicas dictadas por la disponibilidad local y el conocimiento constructivo de la época.

En las primeras etapas de la arquitectura vernácula, las envolventes eran construidas con materiales locales disponibles, como piedra, madera y arcilla. Estos materiales no solo eran económicos y

accesibles, sino que también proporcionaban un aislamiento natural contra las condiciones climáticas extremas. Las técnicas eran predominantemente pasivas y dependían en gran medida del clima y los recursos locales, optimizando el confort térmico sin tecnologías modernas.

Con la llegada de la Revolución Industrial y el avance en la tecnología de materiales, la arquitectura moderna comenzó a experimentar con nuevos métodos y materiales, como el hormigón, el acero y el vidrio. La introducción del vidrio como elemento principal en las fachadas, popularizada por diseñadores como Mies Van Der Rohe y Le Corbusier, permitió la creación de envolventes que no solo ofrecían vistas panorámicas y luz natural abundante, sino que también representaban el ideal de transparencia y minimalismo.

El aumento de la conciencia ambiental en las últimas décadas ha llevado a un enfoque más crítico hacia la eficiencia energética de las envolventes. La arquitectura contemporánea ha integrado tecnologías avanzadas que permiten a las envolventes responder dinámicamente a las condiciones ambientales. Esto incluye el uso

de materiales de cambio de fase, sistemas de fachadas ventiladas y tecnologías de aislamiento mejorado que adaptan sus propiedades térmicas en respuesta a las variaciones en el entorno exterior.

Además, la integración de sistemas activos como paneles solares, que transforman las envolventes en superficies generadoras de energía, ha revolucionado el concepto de vivienda pasiva. Estos avances no solo mejoran la sostenibilidad de las viviendas, sino que también ofrecen una nueva estética que refleja las preocupaciones contemporáneas por el medio ambiente.

La digitalización de los procesos de diseño y construcción ha abierto nuevas posibilidades para la resolución de envolventes en viviendas. La utilización de software de modelado avanzado permite a los arquitectos simular y optimizar aspectos de la envolvente como la exposición solar, la

ventilación natural y el aislamiento térmico antes de la construcción. Además, técnicas como la impresión 3D y la fabricación CNC han permitido la creación de formas complejas y personalizadas que antes eran difíciles o costosas de realizar.

La evolución de las envolventes en viviendas refleja un camino desde las simples estructuras de materiales naturales hacia soluciones tecnológicamente avanzadas que ofrecen rendimiento, estética y sostenibilidad mejorados. A medida que avanza la tecnología y crece la preocupación por el impacto ambiental de la construcción, la envolvente de las viviendas continúa adaptándose, desafiando los límites de lo que es posible en el diseño arquitectónico y la ingeniería de materiales. Este dinamismo asegura que la envolvente seguirá siendo un área de innovación y experimentación en la arquitectura residencial.

1.2.3. Visión arquitectónica de la envolvente según las obras de los principales exponentes contemporáneos

La visión arquitectónica de la envolvente es una parte fundamental del diseño de cualquier edificio contemporáneo,

por ello, es importante describir la postura de los principales exponentes contemporáneos, entre estos los siguientes:

Peter Eisenman: arquitecto icónico del deconstructivismo, ha redefinido las normas de la envolvente arquitectónica a través de su enfoque innovador y crítico. Al adoptar un especial interés por los signos, símbolos y procesos de significación, Eisenman se aleja del diseño lineal tradicional para explorar la fragmentación y manipulación de la superficie de las estructuras. Este enfoque resulta en formas no rectilíneas que distorsionan principios elementales de la arquitectura, como la estructura y la propia envolvente del edificio.

Eisenman protagoniza un nuevo estilo de envolvente que se puede describir como una capa disruptiva e irregular, que se distingue de las formas tradicionales por su capacidad para desafiar la percepción visual y espacial del espectador. Esta envolvente no sólo sirve como barrera física entre el interior

y el exterior, sino también como una declaración de intenciones artísticas y teóricas que invita a la reflexión sobre el espacio y su uso.

En términos de los esquemas que rompe con los que le anteceden, Eisenman se distancia de la arquitectura moderna que favorece las líneas limpias, las formas puras y la funcionalidad evidente. En contraste, el deconstructivismo de Eisenman descompone estos elementos y los reorganiza de manera no intuitiva, cuestionando la relación entre forma y función y entre el espacio y el usuario.

Figura 3. Casa de Frank



Un ejemplo claro de su estilo puede verse en la Casa VI (Casa de Frank), completada en 1975 en Cornwall, Connecticut (Figura 3). Este proyecto es emblemático por su uso de planos fragmentados y estructuras que parecen desafiar la gravedad y la lógica constructiva tradicional. Los componentes de la casa están diseñados para crear desconcierto y sorpresa, desafiando las expectativas convencionales de lo que debería ser un espacio habitable. La envolvente en este caso no solo protege del exterior, sino que también se convierte en un componente crítico en la narrativa visual y funcional de la estructura, integrando la teoría deconstructivista directamente en la experiencia vivencial de la arquitectura.

Por tanto, Eisenman, a través de su enfoque deconstructivista, no sólo cambia la forma en que entendemos las envolventes y estructuras de los edificios, sino que también redefine la relación entre el entorno construido y sus habitantes, ofreciendo una exploración continua de los límites del diseño arquitectónico.

Joseph Paxton: innovador en el uso de materiales y diseño arquitectónico,

revolucionó la manera de construir envolventes a través de su pionera utilización del vidrio estructurado con hierro. Esta combinación no solo permitió la creación de estructuras más ligeras y espaciales, sino que también transformó radicalmente la interacción visual y física entre el interior y el exterior de los edificios. Su enfoque hacia una envolvente translúcida y transparente permitió una visualización sin precedentes de las actividades internas y la integración de elementos naturales dentro del diseño arquitectónico.

Paxton protagoniza un nuevo estilo de envolvente caracterizado por su gran escala de transparencia y ligereza estructural. Este estilo se distingue no solo por permitir una abundancia de luz natural, sino también por facilitar una conexión visual continua entre el interior y el exterior. Este enfoque rompe con los esquemas anteriores predominantemente opacos y pesados, que limitaban la interacción con el entorno natural y la entrada de luz. Un ejemplo emblemático de su innovación es el Crystal Palace, diseñado para la Gran Exposición de 1851 en Londres (Figura 4). Este edificio fue revolucionario no solo por su escala y el uso

extensivo de paneles de vidrio sostenidos por una estructura de hierro, sino también por cómo estos materiales fueron utilizados para crear un espacio diáfano y lleno de luz. La estructura no solo era una maravilla visual desde el exterior, sino que también proporcionaba vistas sin obstrucciones del interior, donde se exhibían miles de objetos de todo el mundo. Además, el diseño incluía terrazas ajardinadas dentro del edificio, que mejoraban la calidad del aire y

proporcionaban un ambiente agradable para los visitantes, fusionando así la arquitectura con elementos de diseño paisajístico.

Figura 4. Crystal Palace



tiempo, proponiendo un nuevo paradigma donde la envolvente del edificio se convierte en un medio para celebrar y exhibir la interacción entre el ser humano y el entorno natural.

Javier Corvalán: conocido por su enfoque experimental y contextual en la arquitectura, redefine la envolvente

arquitectónica mediante un juego dinámico de formas y materiales que varían desde lo orgánico a lo convencional. Su obra se

caracteriza por utilizar la geometría como un recurso cambiante, creando envolventes que transmiten una sensación de movimiento mediante la superposición de elementos y la variación constante de texturas. Esta técnica no solo recicla materiales, sino que también enfatiza su utilidad y adaptabilidad en nuevas formas, contribuyendo así a un enfoque sostenible en la arquitectura.

Corvalán protagoniza un nuevo estilo de envolvente que se podría describir como fluido y adaptable. Esta aproximación se distingue por su capacidad de integrar y reconfigurar materiales reciclados en formas que son tanto funcionales como

estéticamente innovadoras. Este estilo rompe con los esquemas arquitectónicos tradicionales, que a menudo priorizan materiales nuevos y formas rígidas que pueden limitar la creatividad y la sostenibilidad del diseño arquitectónico.

La "Caja Oscura" diseñada por Javier Corvalán y realizada por Laboratorio de Arquitectura es un ejemplo fascinante de la aplicación de sus principios arquitectónicos. Este proyecto se distingue por su uso innovador de materiales y su diseño geoméricamente dinámico, características representativas del enfoque de Corvalán hacia la arquitectura (Figura 5).

Figura 5. Caja Oscura



El concepto de la "Caja Oscura" gira en torno a la creación de una estructura que se adapta y responde a su entorno. El diseño incorpora una cubierta móvil que puede ajustarse para controlar la cantidad de luz y sombra dentro del espacio, una funcionalidad clave que no solo modifica la experiencia espacial interna, sino que también interactúa con el clima externo. Este sistema de cubierta transforma activamente la funcionalidad del edificio en respuesta a las necesidades de los usuarios y las condiciones ambientales.

Siguiendo la filosofía de Corvalán de reutilización y adaptabilidad, la "Caja Oscura" emplea materiales que van desde lo convencional hasta lo orgánico, reconfigurados de manera innovadora para enfatizar tanto la utilidad como la estética. El uso del acero, por ejemplo, no se limita a su función estructural, sino que se integra en el diseño de manera que contribuye a la dinámica visual y funcional del espacio.

La envolvente del edificio no es simplemente un límite físico, sino una interfaz activa que dialoga con su entorno. La capacidad de la estructura para cambiar su forma y adaptarse hace que la "Caja Oscura" no solo sea un objeto arquitectónico, sino también un participante activo en su contexto local. Este enfoque refleja una ruptura con los métodos tradicionales de diseño arquitectónico, que a menudo consideran la envolvente como una barrera pasiva.

Robert Venturi: figura clave en la transición del modernismo al posmodernismo en arquitectura, redefine la envolvente arquitectónica al incorporar un enfoque que se distingue tanto por su juguetón manejo de formas, colores y símbolos, como por su filosofía de "complejidad y contradicción". Su estilo de diseño de envolventes contrasta fuertemente con la austeridad y la funcionalidad pura del modernismo, incorporando elementos que son tanto ornamentales como significativos.

Venturi protagoniza un nuevo estilo de envolvente que puede ser descrito como ecléctico y comunicativo. Este estilo se caracteriza por su uso deliberado de colores vivos, formas geométricas caprichosas y la incorporación de elementos gráficos que remiten a la iconografía popular y la historia. Contra el fondo de los edificios urbanos, a menudo grises y uniformes, las creaciones de

Venturi destacan por su vitalidad y capacidad para comunicar visualmente, haciendo de cada fachada una narrativa en sí misma.

Venturi rompe con los esquemas del modernismo, que valoraba la "menos es más" estética de simplicidad y funcionalidad. En contraste, él abraza "menos es un aburrimiento" y se inclina hacia una arquitectura que acepta la ornamentación, la diversidad de formas y la pluralidad de significados. Su enfoque es una crítica directa a la homogeneidad y el purismo visual del modernismo, argumentando que la arquitectura debe ser receptiva y reflejar la complejidad de la vida humana.

Un ejemplo emblemático de su enfoque es la Vanna Venturi House en Filadelfia. Este edificio es notable por su fachada frontal, que incluye un frontón exagerado y una ventana central que rompe con la simetría tradicional. La casa combina elementos históricos con un diseño moderno, utilizando formas y espacios que son deliberadamente contradictorios y complejos. La fachada actúa no solo como una barrera protectora del interior, sino también como un medio de comunicación visual, repleto de referencias culturales y arquitectónicas que desafían las expectativas convencionales.

Figura 6. Vanna Venturi House



Paulo Ambrosoni: aborda el diseño de la envolvente con una aproximación única que integra el ladrillo como elemento principal, no solo por sus propiedades estructurales, sino también como medio expresivo de textura y color. Su enfoque se caracteriza por la creación de patrones dinámicos mediante el uso innovador de boquetes y vanos que no solo perforan la fachada para permitir la luz y la ventilación, sino que también incorporan vegetación, aportando vitalidad y un elemento orgánico al diseño arquitectónico.

Ambrosoni protagoniza un nuevo estilo de envolvente que se puede describir como una "envolvente viva", caracterizada por su interactividad con el entorno natural y su capacidad para transformar la mampostería tradicional en una obra de arte funcional. Este estilo destaca por el contraste entre el material industrial del ladrillo y los elementos naturales, creando un diálogo entre lo construido y lo cultivado. Esta fusión no solo mejora la estética del edificio, sino que también promueve una mejor calidad del aire y una conexión visual con la naturaleza.

Este enfoque rompe con los esquemas tradicionales de uso del ladrillo, que típicamente se han enfocado en la uniformidad y la continuidad de la superficie. En contraste, Ambrosoni utiliza el ladrillo para crear una fachada que es permeable y dinámica, desafiando la noción de que los muros deben ser barreras opacas y monolíticas. Su método de "perforar" la fachada introduce una nueva dimensión de diseño que permite una interacción más fluida entre los interiores y el entorno externo.

Un ejemplo de su trabajo podría ser un edificio residencial imaginario en Mendoza, donde Ambrosoni ha aplicado estos principios. La fachada de este edificio estaría compuesta por ladrillos colocados en patrones que alternan densidad, permitiendo la integración de jardines verticales y espacios abiertos para ventanas irregulares (Figura 7). Estos elementos no solo proporcionan sombra y reducen el calor solar directo, sino que también crean un patrón rítmico que es visualmente atractivo y funcionalmente eficiente. La vegetación entre los ladrillos no solo suaviza la apariencia industrial del material, sino que

también contribuye a la biodiversidad urbana y mejora el microclima del edificio.

Figura 7. Casa de Ladrillo



Tadao Ando: maestro del minimalismo y la precisión arquitectónica, se caracteriza por un enfoque en el que domina el hormigón visto, la interacción de la luz natural con el espacio y una geometría pura y sencilla que resulta en un diálogo entre llenos y vacíos. Su enfoque para resolver la envolvente de los edificios es tanto funcional como profundamente simbólico, utilizando la luz como un material más de construcción.

Ando protagoniza un nuevo estilo de envolvente que podría describirse como una "envolvente contemplativa", diseñada no solo para proteger y separar el interior del exterior, sino para mediar en la relación entre ambos mediante el uso estratégico de la luz y la sombra. Este enfoque se centra en cómo los elementos constructivos pueden ser orquestados para crear experiencias espaciales y visuales mediante la yuxtaposición de formas simples y la

explotación de las propiedades físicas y estéticas del hormigón.

Este estilo rompe con los esquemas tradicionales de diseño arquitectónico que a menudo ocultan el material bajo capas de pintura o acabados decorativos. Ando, en cambio, expone el hormigón en su estado más puro, permitiendo que la textura del material hable por sí misma y que el juego de luces y sombras sobre sus superficies brinde una dinámica visual cambiante a lo largo del día. Su obra desafía la percepción de que el hormigón es un material frío y austero, transformándolo en un lienzo expresivo y dinámico.

Un ejemplo emblemático del trabajo de Ando es la Iglesia de la Luz en Osaka, Japón (Figura 8). Este edificio es un estudio de cómo la luz natural puede ser manipulada para crear un espacio sagrado y meditativo. La envolvente del edificio es relativamente simple y austera, compuesta casi exclusivamente de hormigón visto. Sin embargo, una abertura cruciforme en la fachada actúa como un eje dramático de luz que se extiende a través del espacio, variando y cambiando con el tiempo y las estaciones, enfatizando la materialidad del hormigón y su capacidad para interactuar con la luz de maneras sutiles pero poderosas.

Figura 8. Iglesia de la Luz



Solano Benítez: Solano Benítez, reconocido por su innovador uso del ladrillo en la arquitectura contemporánea, redefine la materialidad de la envolvente bajo la filosofía de la "Poética del ladrillo". Inspirado por las ideas de Louis Kahn sobre la esencia inherente de los materiales, Benítez explora el potencial del ladrillo más allá de sus funciones convencionales, transformándolo en un elemento que no solo forma parte de la estructura, sino que también modula la luz y la ventilación, creando espacios dinámicos y permeables.

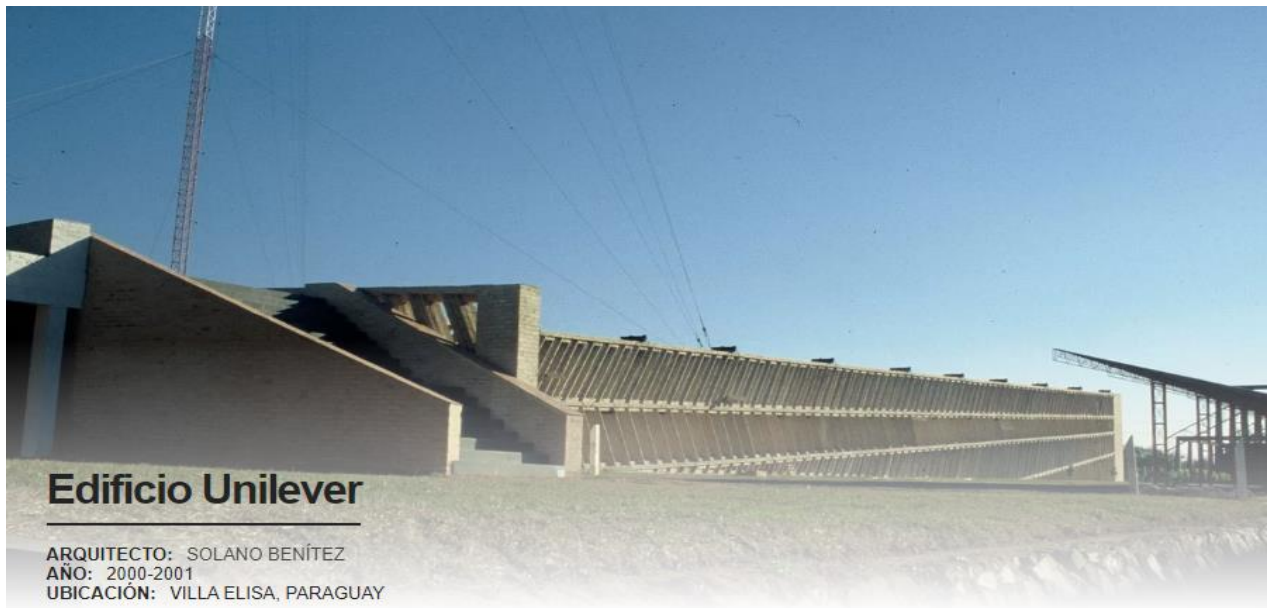
Benítez protagoniza un nuevo estilo de envolvente que podría describirse como una "envolvente respirable". Esta se caracteriza por la incorporación de vacíos estratégicos dentro de la masa de ladrillos que no solo facilitan la ventilación natural y la entrada de luz, sino que también juegan un papel estético y funcional. Esta técnica permite que la envolvente funcione como un filtro ambiental y lumínico, contribuyendo tanto al confort interior como al impacto visual del edificio.

Este enfoque rompe con el uso tradicional del ladrillo como un simple elemento de cerramiento o decorativo.

Tradicionalmente, el ladrillo ha sido empleado por su robustez y capacidad de carga, relegando a menudo su potencial estético y funcional como modulador ambiental. Benítez, en cambio, eleva el ladrillo a un componente fundamental en la narrativa arquitectónica, donde cada elemento no solo cumple una función estructural, sino que también contribuye a la experiencia sensorial y estética del espacio.

Un ejemplo destacado de su trabajo es el edificio de la sede de Unilever en

Figura 9. Edificio Unilever



En conclusión, estos arquitectos no sólo han transformado la función de la envolvente desde un mero límite físico a un

Paraguay. En este proyecto, Benítez utiliza el ladrillo no solo como material constructivo sino como un elemento clave en la definición de la envolvente del edificio.

La fachada está diseñada con patrones de ladrillo que crean una serie de vacíos, permitiendo la entrada controlada de luz y facilitando la ventilación natural. Este diseño no solo mejora el ambiente interior, sino que también establece un diálogo visual con el entorno, haciendo que el edificio se integre armónicamente con su contexto.

componente integral del diseño arquitectónico, sino que también han expandido su rol como mediador entre el

interior y el exterior, lo privado y lo público, lo utilitario y lo simbólico. Cada uno, a su manera, ha contribuido a una comprensión más profunda y compleja de lo que la arquitectura puede ser en el contexto contemporáneo.

La envolvente, más allá de ser solo una frontera que define el espacio arquitectónico, se ha convertido en un lienzo dinámico que refleja y responde a su entorno, ajustando la luz, la temperatura y la interacción con el medio natural y urbano. Esta transformación evidencia un salto conceptual importante en la práctica arquitectónica, marcando la transición de ver la arquitectura como la creación de espacios cerrados a considerarla como una interfaz activa que comunica, protege y expresa.

La arquitectura contemporánea, por medio de estas innovaciones en la envolvente, no solo busca satisfacer las necesidades funcionales de protección y eficiencia energética, sino que también aspira a provocar, educar y inspirar a quienes habitan y transitan estos espacios. El diseño de la envolvente se ha convertido así en una declaración de principios estéticos y éticos,

un reflejo de la cultura y los valores de la sociedad en la que se inserta.

Por ejemplo, el uso de materiales sostenibles y técnicas de construcción que minimizan el impacto ambiental son directrices que subrayan un compromiso con el desarrollo sostenible. Del mismo modo, la incorporación de elementos culturales específicos en la envolvente puede servir para fortalecer la identidad local y la conexión con la historia y tradiciones de un lugar.

Asimismo, estas prácticas pioneras en el diseño de la envolvente desafían la normativa convencional y promueven un diálogo continuo sobre lo que la arquitectura debe y puede ser. Abren el camino para que futuros arquitectos exploren nuevas posibilidades y fusionen tecnología, arte y ecología de maneras que actualmente apenas podemos imaginar.

En este contexto, la envolvente no es solo una barrera física, sino una interfaz compleja que juega múltiples roles: es un escudo, un medio de comunicación, una obra de arte, y un sistema integrado que responde y se adapta a sus ocupantes y al medio

ambiente. La exploración y experimentación continua de estos roles por parte de los arquitectos mencionados no solo redefine la disciplina, sino que también enriquece nuestra experiencia del espacio y profundiza nuestra relación con el entorno construido.

1.2.4. Características de la envolvente

Hoy en día, las envolventes de los edificios están diseñadas para cumplir con una variedad de solicitudes, tanto internas como externas. El diseño de estas nuevas pieles arquitectónicas se ha acercado al arte y se ha enfocado en utilizar nuevos materiales, acabados, texturas, colores, luces y tecnologías (Trachana, 2021).

Segura (2012) se refiere a la envolvente arquitectónica como una piel adaptable que permite la exploración de diferentes aspectos estéticos y funcionales. Esta piel arquitectónica se convierte en una forma de expresión que elimina los límites, pero al mismo tiempo es frágil en cuanto a su relación con el entorno sociocultural y temporal. La tecnología ha permitido a la arquitectura materializar aspectos de diseño y soluciones a problemas actuales, al mismo

tiempo que se convierte en un medio comunicativo y de expresión cultural, esto ha dado lugar a un proceso de materialización-visualización. Las posibilidades tecnológicas ofrecen una amplia gama de opciones para que los arquitectos puedan ofrecer una respuesta flexible, lógica, integral y bien articulada del edificio y su espacio.

Por otra parte, González y Molina (2017) mencionan que, para reducir la demanda energética de la edificación, se analizan los elementos que conforman la envolvente, dividiéndola en tres partes: muros, ventanas y cubiertas. Los muros proporcionan confort térmico y acústico, además de ser el elemento que mayor aporte estético tiene en la construcción, consideran cuatro tipos de muros: muros solares pasivos, muros de hormigón ligero, muros ventilados de doble piel y muros con almacenamiento de calor latente. En cuanto a las ventanas de la envolvente, los evalúan en dos aspectos: el tipo de cristal que puede ser doble, holográfico, refractivo, entre otros; y los marcos o soportes, que en ocasiones son responsables de pérdidas de energía en la edificación.

Por último, consideran que las cubiertas son una parte de la envolvente altamente vulnerable a la radiación solar y otros fenómenos ambientales, como la lluvia, y tienen un gran impacto en el confort térmico de los usuarios. Analizan ocho tipos de cubiertas, incluyendo las construidas con mampuestos, sistemas de techos ligeros de aluminio, techos ventilados y microventilados, techos abovedados, techos reflectivas, techos verdes, techos fotovoltaicos y techos con aislamiento térmico (Castillo et al., 2019).

En lo concerniente a la iluminación natural de los espacios interiores en la arquitectura, Villalba et al. (2012) destacan su relevancia por tres razones:

- Ahorros energéticos, reducción del consumo de energías no renovables y contaminantes y, por ende, disminución de la producción de gases de efecto invernadero;
- Activación del ritmo circadiano, lo que es un efecto no-visual de la iluminación natural que beneficia la salud humana;
- Confort y optimización visual, que con la iluminación artificial es

imposible de lograr. Subrayan, además, que estas ventajas dependen del correcto diseño y planeación de la edificación y de su envolvente.

1.2.5. Retos y futuro en la envolvente de la vivienda contemporánea

Los problemas actuales y limitaciones en el diseño y construcción de viviendas contemporáneas son numerosos y variados, reflejando los desafíos de un mundo en rápida evolución. Uno de los principales problemas es la sostenibilidad ambiental, especialmente en un contexto de cambio climático y recursos limitados. Esto implica desafíos en la selección de materiales sostenibles y en el diseño de viviendas que sean eficientes en términos de energía y agua.

Otra limitación significativa es la urbanización creciente, que a menudo conduce a la falta de espacio habitable y la densificación excesiva de las ciudades. Esto plantea retos en términos de planificación urbana, calidad de vida y acceso a espacios verdes. Además, la accesibilidad y asequibilidad siguen siendo preocupaciones

centrales, ya que la vivienda contemporánea debe ser accesible y asequible para personas de diferentes niveles de ingresos, lo que a menudo es un desafío debido a los costos crecientes de la construcción y la tierra (Nikezić et al., 2021; Koch, 2022).

Mirando hacia el futuro, las tendencias en el diseño, la tecnología y la sostenibilidad en la vivienda contemporánea apuntan hacia soluciones innovadoras y adaptativas. Se espera que la tecnología juegue un papel aún más crucial, con avances en la automatización del hogar y la inteligencia artificial que permiten a las viviendas ser más eficientes y adaptativas a las necesidades de sus ocupantes.

La sostenibilidad seguirá siendo una prioridad, con un enfoque creciente en la construcción de viviendas de cero emisiones y el uso de materiales reciclados o de bajo impacto ambiental. Además, la arquitectura bioclimática, que utiliza el diseño para aprovechar las condiciones climáticas naturales, ganará más relevancia. En términos de planificación urbana, es probable que veamos un aumento en el desarrollo de comunidades mixtas, donde se integran viviendas, espacios comerciales y

áreas verdes para crear entornos habitables y sostenibles. Estas tendencias reflejan un cambio hacia una mayor conciencia ecológica, eficiencia y adaptabilidad en el diseño de viviendas, preparando el camino para un futuro más sostenible y resiliente en la arquitectura residencial (Nikezić et al., 2021; Koch, 2022).

1.3. Confort higrotérmico y confort térmico

1.3.1. Confort térmico

En los últimos 30 años el concepto de confort térmico ha tomado un carácter muy relevante en el diseño y construcción de viviendas, producto de los avances de la ingeniería, de los sistemas de aire acondicionado y la climatización. Las diversas implicaciones sociales y de consumo energético que ello conlleva obligan a analizar y reinterpretar los modos tradicionales de vida en regiones con climas tropicales, y a buscar soluciones relacionadas directamente a la arquitectura bioclimática. Por ejemplo, los edificios ventilados naturalmente no solo dan sensación de confort a los ocupantes y consumen menos energía, sino también están vinculados con

su cultura, con una manera particular de entender la relación interior-exterior e, incluso, la privacidad (Godoy Muñoz, 2012).

El confort térmico se define en la Norma ISO 7730 como “esa condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico” (Robledo-Fava *et al.*, 2019). Si bien esta definición se encuentra aceptada ampliamente, es difícil su traducción a parámetros físicos cuantificables. En términos generales, el hombre califica un ambiente como confortable cuando ningún tipo de incomodidad térmica está presente. La primera condición de confort es la neutralidad térmica, lo que significa que la persona no se siente demasiado calurosa, ni demasiado fría (Godoy Muñoz, 2012).

Los factores que determinan el confort térmico son variables, así como las características físicas del ambiente; los parámetros que se miden son los que afectan la pérdida de energía, como son los factores ambientales exteriores: temperatura del aire (°C), temperatura media radiante (°C), velocidad del aire (m/s), humedad del aire (Pa), temperatura efectiva. Así como factores personales, parámetros

ambientales interiores, parámetros arquitectónicos. El análisis del confort resulta de suma importancia para generar soluciones concretas para los lugares de trabajo y de descanso ya que permite considerar los parámetros y factores que intervienen en el bienestar mediante el diseño adecuado (López *et al.*, 2021).

1.3.2. Relación de la arquitectura con el confort

Según Espinosa y Cortez (2015) indican que en la arquitectura se crean las condiciones apropiadas para los habitantes y su entorno, lo que implica tomar en cuenta el territorio, el clima y trabajar con ellos para lograr un ambiente cómodo para las personas que habitan en él. Partiendo de la idea de querer reducir el consumo de energía, es importante no comprometer el confort térmico, y para lograr esto, es indispensable encontrar un equilibrio entre ambos términos, de manera que se complementen y generen una eficiencia energética que permita mantener una temperatura agradable sin necesidad de utilizar sistemas activos (Castillo *et al.*, 2019).

Felices (2017) señalan que, para controlar el confort en un edificio, se requieren de múltiples soluciones y no solo una, especialmente en edificios bioclimáticos. Tal como se lo ha realizado en los últimos tiempos, donde se ha hecho énfasis en la creación de arquitectura enfocada en usar métodos pasivos para ahorrar energía y optimizar el confort. Por su parte Olgyay (1998) sugiere un enfoque escalonado para desarrollar un proyecto bioclimático, que consiste en dividirlo en etapas para poder examinar cada una de manera más minuciosa y, de esta forma, integrar todo en un resultado final. La secuencia propuesta es la siguiente:

Clima ► Biología ► Tecnología ►
Arquitectura

En este sentido, este método señala la importancia de la tecnología en el momento de proyectar una edificación, comprendiendo el uso de los materiales ya que juegan un papel importante en el confort por tener formas de actuar específicas frente a las distintas manifestaciones del clima. Por ejemplo, algunos materiales funcionan como barreras o aislantes térmicos, mientras otros sirven de

conductores térmicos, ambos casos servirán en situaciones y contextos diferentes.

De aquí la importancia de la sostenibilidad en la arquitectura donde se considera cuestiones como los intercambios de energía entre el interior y exterior de los edificios. Estos flujos térmicos pueden generar ganancias y pérdidas energéticas que aumentan la demanda y el consumo de energía. Por lo tanto, es fundamental tener en cuenta todas estas cuestiones al diseñar un edificio de manera eficiente (Palomo, 2017).

Ante lo descrito, el confort ambiental engloba las condiciones ambientales que las personas consideran apropiadas para llevar a cabo sus actividades cotidianas. Aunque es factible determinar una medida para las condiciones de confort, se admite que estas no son universales y están sujetas a la percepción individual. Cuando no se consigue un ambiente confortable, se experimenta una sensación de incomodidad o molestia debido a factores como el frío, el calor, el ruido excesivo o la falta de iluminación (Espinosa y Cortez, 2015).

1.3.3. Fundamentos del confort higrotérmico

El confort higrotérmico, un concepto crucial en la arquitectura y el diseño de interiores, se refiere a la creación de ambientes interiores en los que las condiciones térmicas y de humedad se mantienen en niveles óptimos para el confort humano. Su relevancia se fundamenta en la premisa de que el bienestar físico y psicológico de las personas está directamente influenciado por el ambiente en el que viven y trabajan. En la arquitectura, esto significa diseñar edificaciones que no solo sean estéticamente atractivas y funcionalmente prácticas, sino también ambientalmente confortables.

El confort higrotérmico tiene implicaciones significativas en el consumo energético de los edificios, ya que una buena parte del uso de energía se dedica a sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para mantener

condiciones ambientales adecuadas. Por lo tanto, lograr un equilibrio entre confort y eficiencia energética es un objetivo central en el diseño sostenible, influenciando la selección de materiales, la orientación del edificio, y la integración de sistemas de control ambiental (Verma et al., 2022)

Entender la termorregulación humana y la percepción del confort térmico es esencial para diseñar espacios que cumplan con los criterios de confort higrotérmico. La termorregulación humana es el proceso por el cual el cuerpo mantiene su temperatura interna dentro de un rango saludable, a pesar de las variaciones en las condiciones ambientales.

La percepción del confort térmico varía entre individuos y depende de varios factores, como la actividad física, la vestimenta y las condiciones ambientales. Los diseñadores y arquitectos utilizan estándares y modelos, como el índice de temperatura efectiva² o la teoría del confort adaptativo³, para crear entornos que se

² El índice de temperatura efectiva es una medida que combina varios parámetros ambientales para estimar la percepción térmica humana en un espacio cerrado. Esta medida toma en cuenta la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire y la radiación térmica para ofrecer una sola

cifra que refleja la sensación térmica. Este índice ayuda a los diseñadores a asegurarse de que los espacios construidos mantengan condiciones confortables y energéticamente eficientes.

³ Por otro lado, la teoría del confort adaptativo sugiere que la sensación de confort térmico

ajusten a la mayoría de los ocupantes. Estos modelos consideran no solo la temperatura del aire, sino también otros factores como la humedad y el movimiento del aire para evaluar y ajustar las condiciones ambientales. Por ejemplo, en climas cálidos, una brisa suave puede aumentar significativamente el confort, incluso cuando las temperaturas son altas. De igual manera, en climas fríos, reducir la humedad y asegurar una distribución uniforme del calor son aspectos clave para mantener un ambiente confortable (Luo et al., 2022).

El movimiento del aire es otro factor importante; una ventilación adecuada puede mejorar significativamente el confort térmico, especialmente en entornos húmedos, al facilitar la evaporación del sudor y reducir la sensación de bochorno. Por último, la radiación térmica -el calor emitido por superficies calientes o frías en el entorno- también debe considerarse. En el diseño de interiores, esto puede implicar la disposición de espacios y mobiliario para

de las personas se adapta a las condiciones climáticas a las que están acostumbradas. Según esta teoría, las expectativas de confort térmico pueden variar dependiendo de las condiciones climáticas locales y temporales, permitiendo que los ocupantes se sientan cómodos en un rango más amplio de temperaturas si

El análisis de elementos como temperatura, humedad, movimiento del aire y radiación térmica es fundamental para alcanzar el confort higrotérmico en cualquier espacio habitable (Amaripadath et al., 2023). La temperatura, tanto del aire como de las superficies circundantes, influye directamente en cómo las personas perciben el calor o el frío. La humedad relativa juega un papel crucial en cómo experimentamos la temperatura; por ejemplo, una alta humedad puede hacer que las temperaturas cálidas se sientan más calurosas.

evitar la exposición directa a la radiación solar en verano o maximizar su beneficio en invierno. En resumen, una comprensión detallada y una gestión efectiva de estos elementos son esenciales para crear espacios no solo estéticamente agradables, sino también ambientalmente confortables y saludables.

estas cambian gradualmente. Esta teoría se aplica especialmente bien en edificaciones que no están climatizadas artificialmente, permitiendo usar métodos de diseño que aprovechen las condiciones ambientales naturales para mantener el confort.

1.3.4. Medición y evaluación del confort higrotérmico

La medición del confort higrotérmico en los espacios habitados requiere el uso de una variedad de instrumentos y técnicas específicas, destinadas a evaluar las condiciones ambientales y su alineación con los estándares de confort humano. Los instrumentos clave incluyen termómetros para medir la temperatura del aire, higrómetros para la humedad, anemómetros para la velocidad del aire, y radiómetros para detectar la radiación térmica. Además, existen dispositivos más avanzados como los termómetros de globo, que miden la temperatura radiante media, proporcionando una lectura más precisa del calor radiante que los ocupantes experimentan.

Para una evaluación integral, estos instrumentos se utilizan en conjunto, permitiendo a los diseñadores y evaluadores

obtener un perfil detallado de las condiciones ambientales. Además, la tecnología moderna ha introducido sensores inteligentes y sistemas integrados que pueden monitorear continuamente estas variables, ofreciendo datos en tiempo real y un análisis más dinámico de las condiciones higrotérmicas. Estos sistemas pueden estar vinculados a la automatización del edificio, permitiendo ajustes automáticos en los sistemas HVAC para mantener el confort óptimo. Además de la instrumentación física, las encuestas y cuestionarios a los ocupantes son herramientas valiosas para comprender la percepción subjetiva del confort, complementando los datos objetivos recogidos (Whitman, 2020; Mellado et al., 2020; Yuan et al., 2023).

Evaluar las condiciones higrotérmicas y su impacto en el confort humano implica no solo la recopilación de datos ambientales sino también su interpretación a través del prisma de modelos de confort térmico⁴

⁴ Los prismas de modelos de confort térmico para viviendas son herramientas conceptuales utilizadas en el diseño arquitectónico para evaluar y asegurar el confort térmico de los habitantes de una edificación. Aunque el término "prisma" no es estándar en la literatura de arquitectura, puede entenderse como una metáfora que describe la variedad de factores y modelos que se integran para evaluar el confort térmico en diferentes contextos de vivienda.

Modelo PMV (Predicted Mean Vote) y PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied): Desarrollados por Fanger, estos modelos utilizan variables como la temperatura del aire, la temperatura radiante, la velocidad del aire, la humedad relativa, la actividad metabólica de las personas y el aislamiento de la ropa (índice CLO) para predecir la satisfacción térmica de grupos de personas en ambientes interiores.

(Ganesh et al., 2021). Estos modelos, como el Índice de Temperatura Efectiva (ITE) o el modelo de confort adaptativo de ASHRAE (2020), proporcionan marcos para entender cómo las combinaciones de temperatura, humedad, movimiento del aire y radiación afectan la percepción del confort. La evaluación se vuelve más compleja cuando se consideran las variaciones individuales en la percepción del confort, que pueden ser influenciadas por factores personales como la edad, el género, el estado de salud, la vestimenta y el nivel de actividad. Por lo tanto, el análisis debe ser holístico, considerando tanto las mediciones objetivas como las respuestas subjetivas de los ocupantes.

En el contexto de la sostenibilidad, esta evaluación también incluye considerar cómo las estrategias para mejorar el confort higrotérmico se alinean con los objetivos de eficiencia energética y reducción del impacto ambiental. Por ejemplo, el uso de ventilación natural para mejorar la comodidad térmica puede ser preferible sobre el aire

acondicionado en ciertos climas, ofreciendo una solución más sostenible. En última instancia, la evaluación efectiva de las condiciones higrotérmicas requiere un enfoque integrado que equilibre las necesidades humanas con las prácticas de diseño y construcción sostenibles.

1.3.5. Diseño arquitectónico y confort higrotérmico

Las estrategias de diseño arquitectónico que mejoran el confort higrotérmico se centran en crear entornos que regulen de manera efectiva la temperatura, la humedad, el movimiento del aire y la radiación térmica, manteniendo al mismo tiempo un equilibrio con el entorno natural y las necesidades de los usuarios (Yang et al., 2020). Una de estas estrategias es la orientación óptima del edificio, que aprovecha la posición del sol y los patrones de viento dominantes para mejorar la iluminación natural y la ventilación. Por ejemplo, en climas cálidos, se prefiere una orientación que minimice la exposición directa al sol durante las horas más

Modelo de Confort Adaptativo: Propuesto por Humphreys y Nicol, este modelo se basa en la idea de que las expectativas y preferencias de confort térmico de las personas se adaptan a su contexto

climático y cultural. Sostiene que las personas pueden sentirse cómodas en un rango más amplio de temperaturas si están acostumbradas a variaciones climáticas estacionales.

calurosas, mientras que, en climas fríos, se busca maximizar la ganancia solar. Otra táctica importante es el diseño de envolventes eficientes, que incluye el uso de aislamiento adecuado, ventanas de alto rendimiento y materiales que reflejan o absorben el calor según sea necesario.

Este enfoque asegura que el calor se mantenga dentro del edificio durante el invierno y fuera durante el verano, reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos de calefacción y refrigeración. Además, el uso de estrategias pasivas como la ventilación natural cruzada, los techos altos y los atrios puede mejorar significativamente la circulación del aire, contribuyendo al confort térmico y a la calidad del aire interior. Estas estrategias, combinadas con una planificación cuidadosa del espacio y la incorporación de áreas verdes, no solo optimizan el confort higrotérmico, sino que también enriquecen la experiencia espacial y visual del edificio.

En cuanto a la selección de materiales y técnicas de construcción para optimizar el confort higrotérmico, es esencial elegir soluciones que complementen y refuercen las estrategias de diseño arquitectónico

(Yang et al., 2020). Los materiales con propiedades térmicas adecuadas son clave; por ejemplo, materiales con alta masa térmica como el concreto o la mampostería pueden absorber calor durante el día y liberarlo durante la noche, regulando la temperatura interior (Calle et al., 2021).

Del mismo modo, el uso de aislamiento térmico eficiente en paredes, techos y pisos es crucial para prevenir pérdidas o ganancias de calor no deseadas. En zonas donde la humedad es una preocupación, materiales que regulan la humedad, como ciertos tipos de madera o materiales de construcción transpirables, pueden ayudar a mantener un nivel de humedad interior confortable. Además, la implementación de sistemas de techos y fachadas verdes no solo mejora el aislamiento térmico y la gestión del agua de lluvia, sino que también contribuye a la biodiversidad y al bienestar psicológico de los ocupantes.

Las técnicas de construcción también juegan un papel fundamental; por ejemplo, la construcción hermética minimiza las infiltraciones de aire no controladas, mientras que las técnicas de construcción

prefabricada pueden garantizar una mayor precisión y calidad en los elementos que afectan el confort higrotérmico (López-Escamilla et al., 2022). Al considerar estos aspectos en conjunto, los materiales y técnicas de construcción seleccionados pueden contribuir significativamente a crear espacios habitables que no solo son confortables y saludables, sino también energéticamente eficientes y sostenibles.

1.3.6. Tecnologías y sistemas de control

Las tecnologías modernas desempeñan un papel vital en el mantenimiento del confort higrotérmico en los espacios habitables, facilitando un control más preciso y eficiente de las condiciones ambientales internas (Fürtön & Nagy, 2022). Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado [HVAC – H (Heating, calefacción), V (Ventilating, ventilación) AC (Air Conditioned, aire acondicionado)] son componentes esenciales en este aspecto, especialmente en climas extremos donde la regulación natural de la temperatura y la humedad puede ser insuficiente.

Estos sistemas han evolucionado considerablemente con el tiempo, incorporando avances como la tecnología inverter en los acondicionadores de aire, que permite una regulación más eficiente de la temperatura y un menor consumo de energía. Además, la integración de sensores y controles automatizados en los sistemas HVAC permite una respuesta más dinámica a las variaciones en las condiciones internas y externas, mejorando así el confort y la eficiencia energética. Por ejemplo, los sensores de CO₂ pueden ajustar automáticamente los niveles de ventilación para mantener la calidad del aire, mientras que los termostatos inteligentes pueden aprender los patrones de uso y ajustar la calefacción o el enfriamiento en consecuencia. Estos avances tecnológicos no solo mejoran el confort higrotérmico, sino que también contribuyen a la sostenibilidad al reducir el consumo de energía y las emisiones de carbono asociadas.

El uso de tecnologías inteligentes para la regulación ambiental está redefiniendo la forma en que interactuamos con nuestros espacios habitables. La domótica, o automatización del hogar,

integra dispositivos inteligentes y sistemas de control en una red cohesiva que puede ser administrada de manera centralizada, a **Figura 10. Sistemas inteligentes remotos para maximizar el confort en la vivienda**



Nota: Aquí está la imagen de un sistema de casa inteligente, con una casa en el centro rodeada de varios dispositivos y símbolos de domótica. Los dispositivos incluyen un termostato inteligente y persianas automáticas, así como cámaras de seguridad y otros sensores conectados a un smartphone a través de Wi-Fi.

Estos sistemas inteligentes permiten a los usuarios controlar de forma remota y programar la calefacción, el aire acondicionado, la iluminación y otros sistemas para maximizar el confort y la eficiencia. Por ejemplo, un sistema de casa inteligente puede ajustar automáticamente

menudo a través de una aplicación en un smartphone o una tableta (Hwang et al., 2022).

la calefacción en función del pronóstico del tiempo o bajar las persianas para mantener fresco el interior durante un día caluroso (Figura 10).

Además, la integración de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático está permitiendo que estos sistemas se vuelvan más adaptativos y predictivos, aprendiendo de los patrones de comportamiento de los usuarios y ajustando los entornos para optimizar el confort y la eficiencia energética. Esta personalización del ambiente doméstico no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también fomenta un estilo de vida más sostenible al reducir el desperdicio de energía. En resumen, la adopción de tecnologías inteligentes en la regulación ambiental está marcando el comienzo de una nueva era en la gestión del confort higrotérmico, donde la eficiencia, la comodidad y la sostenibilidad convergen de manera efectiva.

1.3.7. Sostenibilidad y confort higrotérmico

Alcanzar un equilibrio entre sostenibilidad y confort es uno de los grandes desafíos en el diseño arquitectónico contemporáneo (Verma et al., 2022). Este equilibrio implica crear espacios que no solo sean confortables y estéticamente agradables para sus ocupantes, sino que también minimicen el impacto ambiental y el consumo de energía. La clave está en adoptar un enfoque holístico que integre tanto estrategias pasivas como activas, considerando el ciclo de vida completo del edificio y su interacción con el entorno.

En términos de sostenibilidad, esto significa seleccionar materiales de construcción ecológicos, maximizar la eficiencia energética y promover el uso de energías renovables. En cuanto al confort, se trata de asegurar una calidad de aire interior óptima, una iluminación adecuada y una temperatura ambiental confortable (López-Escamilla et al., 2022). Un aspecto crucial para lograr este equilibrio es la innovación en el diseño arquitectónico, que debe contemplar la orientación del edificio, la disposición de los espacios y la integración de áreas verdes, todo ello enfocado en reducir la necesidad de sistemas mecánicos

de calefacción y refrigeración. Además, la implementación de sistemas de control inteligente y automatización en el hogar puede jugar un papel importante, permitiendo una gestión más eficiente de los recursos mientras se mantiene el confort de los usuarios.

En cuanto a las técnicas de diseño pasivo, estas son esenciales para mejorar el confort higrotérmico mientras se reduce el consumo de energía. El diseño pasivo se centra en aprovechar los recursos naturales disponibles, como la luz solar, el viento y las temperaturas exteriores, para mantener un ambiente interior confortable sin depender excesivamente de sistemas mecánicos. Esto incluye estrategias como la orientación adecuada del edificio para maximizar la ganancia solar en invierno y minimizarla en verano, el uso de masa térmica para almacenar y liberar calor, y la implementación de ventilación natural para mejorar la calidad del aire y regular la temperatura.

Otras técnicas incluyen el uso de aislamiento de alto rendimiento para reducir las pérdidas de calor, la instalación de ventanas de doble o triple acristalamiento

para mejorar la eficiencia térmica y la integración de sombreado externo para controlar el sobrecalentamiento. Estas estrategias pasivas, cuando se aplican de manera efectiva, pueden reducir significativamente la necesidad de calefacción y refrigeración artificial, lo que resulta en una disminución del consumo energético y un menor impacto ambiental. Al integrar estas técnicas de diseño pasivo, los arquitectos y diseñadores pueden crear edificios que no solo son energéticamente eficientes, sino también espacios confortables y acogedores para vivir y trabajar.

1.3.8. Antecedentes y aplicaciones prácticas

La selección de antecedentes sobre confort higrotérmico y materialidad de la envolvente, como se describe en adelante, responde a criterios específicos que buscan demostrar ciertas hipótesis y generar conocimientos aplicables en contextos variados, reflejando tanto las necesidades ambientales como las energéticas y sociales de las poblaciones involucradas.

Dentro de los antecedentes, resalta la evolución del confort desde la década de 1960 hasta la actualidad, mostrando cómo las expectativas de confort han aumentado mientras que los criterios constructivos han permanecido constantes, llevando a un aumento en el consumo energético. Esta elección permite explorar cómo los cambios en los paradigmas de confort influyen directamente en la arquitectura y el consumo energético, demostrando la necesidad de adaptar los edificios a las expectativas modernas sin comprometer la eficiencia energética.

Así también, otro de los estudios seleccionados muestra cómo varía la comodidad somatosensorial con la edad, utilizando índices que capturan diferencias de edad para mejorar la definición de confort climático. Este caso destaca la importancia de considerar las variaciones demográficas al diseñar estrategias de confort, lo que es crucial en la planificación urbana y las políticas de salud pública, especialmente para poblaciones vulnerables como los ancianos.

La evaluación del prototipo AURA 1.0 diseñado para climas tropicales ilustra cómo

las estrategias de diseño bioclimático, como la doble piel, influyen significativamente en el confort higrotérmico. Este caso demuestra que los diseños adaptativos pueden mejorar sustancialmente el confort interno mientras se optimiza el uso energético, alineando las necesidades de confort con las estrategias de sostenibilidad.

Investigar el potencial y las limitaciones de la ventilación natural en climas tropicales proporciona datos valiosos sobre cómo las soluciones de diseño pueden reducir la dependencia de la climatización mecánica, lo que es esencial para la eficiencia energética y el confort ambiental en áreas densamente pobladas.

Estos antecedentes han sido seleccionados por su relevancia en la demostración de cómo la materialidad de la envolvente y las estrategias de diseño afectan el confort higrotérmico y el consumo energético en diversos contextos climáticos y demográficos. Cada uno aporta una pieza clave al entendimiento de cómo se puede lograr un equilibrio entre confort ambiental y sostenibilidad energética, resaltando la importancia de integrar adaptabilidad y

eficiencia en los diseños arquitectónicos contemporáneos.

La investigación "Evaluación del Confort Climático del Entorno Habitacional Basado en Diferencias de Edad en la Región de Beijing-Tianjin-Hebei" se enfoca en cómo la comodidad somatosensorial, determinada principalmente por el Índice de Temperatura y Humedad (THI) y el Índice de Eficiencia del Viento (WEI), varía con la edad. Tradicionalmente, estos índices no capturan las diferencias relacionadas con la edad, lo que llevó a los autores a modificar la definición y el método de confort climático en un estándar nacional, creando el Índice de Sensibilidad Climática Relativa (RCSI). Este índice integra puntajes de vulnerabilidad relacionados con la edad, determinados a través de cuestionarios en línea y un método de puntuación para cada respuesta de confort climático adaptativo (Liu et al., 2020).

Los hallazgos clave que evidenció la investigación fueron: el confort en el entorno habitacional disminuye con la edad en la región de Beijing-Tianjin-Hebei, indicando que la edad impacta significativamente el confort y la adaptabilidad, especialmente en

los ancianos. El estudio identificó el calentamiento global como un factor principal en la disminución del confort en años recientes, particularmente en la parte sureste de la región estudiada. La evaluación mejorada se alinea con la situación real y captura grupos de alto riesgo con sus distribuciones específicas. La zona más adecuada para los ancianos es menos de una cuarta parte de la región de estudio. Se observaron variaciones estacionales en el confort climático, y los cambios interanuales revelaron una disminución del confort debido al calentamiento global. En conclusión, el estudio aporta una nueva perspectiva sobre el confort climático, destacando cómo las diferencias de edad influyen en la percepción y la experiencia del confort en diferentes condiciones climáticas. Este enfoque más detallado puede informar mejor las estrategias de planificación urbana y las políticas de salud pública, especialmente en lo que respecta a poblaciones vulnerables como los ancianos (Liu et al., 2020).

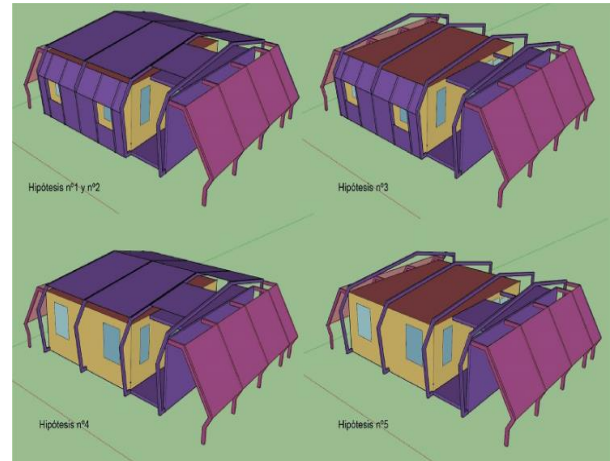
El artículo "Hygrothermal behavior of post-retrofit housing: A review of the impacts of the energy efficiency upgrade

strategies" de Recart & Dossick (2022), aborda cómo las mejoras en la eficiencia energética en viviendas pueden influir en el comportamiento higrotérmico. Los resultados principales indican que la envolvente de los edificios, tras ser remodelados, puede experimentar un incremento en los niveles de humedad y condensación. Esto conlleva un riesgo elevado de condensación y una aceleración en la degradación estructural a causa de la mayor presencia de humedad. Asimismo, se determinó que la medición del comportamiento higrotérmico es fundamental para una predicción más precisa del consumo energético total.

El artículo "Evaluation of environmental comfort in a social housing prototype with bioclimatic double-skin in a tropical climate" ejecutado por López-Escamilla et al. (2022) analizan el comportamiento higrotérmico del prototipo AURA 1.0, una vivienda diseñada por la Universidad de Sevilla para el concurso Solar Decathlon. El estudio se enfoca en evaluar el confort ambiental de este prototipo durante un año completo bajo condiciones climáticas tropicales, utilizando un modelo de

simulación validado con datos reales. El principal hallazgo fue el Prototipo AURA 1.0, desarrollado como respuesta a las condiciones climáticas tropicales, buscando lograr el máximo confort higrotérmico mediante estrategias pasivas de rehabilitación. El prototipo se presentó en el Solar Decathlon, donde se monitorearon las condiciones higrotérmicas internas durante diez días. Sin embargo, este estudio amplía la evaluación al comportamiento ambiental del prototipo durante un año completo. Se emplearon instrumentos de simulación de energía y medio ambiente para evaluar el rendimiento de la propuesta arquitectónica y sus sistemas constructivos pasivos, especialmente la doble piel diseñada con diversos objetivos (arquitectónicos, constructivos, socioeconómicos).

Figura 11. Geometría exterior de las 5 hipótesis de este estudio



Se analizaron varias hipótesis, demostrando que el empleo de una doble piel en la vivienda contribuye a mejorar el confort térmico interior, especialmente en el área del techo en comparación con las fachadas, dada la trayectoria del sol cerca del ecuador (Figura 11).

Se desarrolló y verificó un modelo de simulación utilizando los datos monitoreados durante la fase de exposición, lo que permitió calcular el comportamiento higrotérmico del prototipo basado en cinco hipótesis diferentes. Se resalta la relevancia de la orientación en el diseño del prototipo AURA 1.0, indicando que la doble piel tiene un impacto significativo en el confort

térmico, especialmente en el área del techo frente a las fachadas, debido a la trayectoria del sol en latitudes cercanas al ecuador (López-Escamilla et al., 2022).

La investigación concluye que la doble piel diseñada y construida como estrategia de acondicionamiento pasivo es crucial para mantener condiciones térmicas adecuadas durante todo el año. El uso de la doble piel completa en la fachada sur y en el techo garantiza un 25% más de horas de confort térmico al año en la vivienda en comparación con cuando esta doble piel no se utiliza. Este estudio proporciona una comprensión valiosa de cómo las estrategias de diseño bioclimático, como la doble piel, pueden influir significativamente en el confort higrotérmico en viviendas situadas en climas tropicales (López-Escamilla et al., 2022).

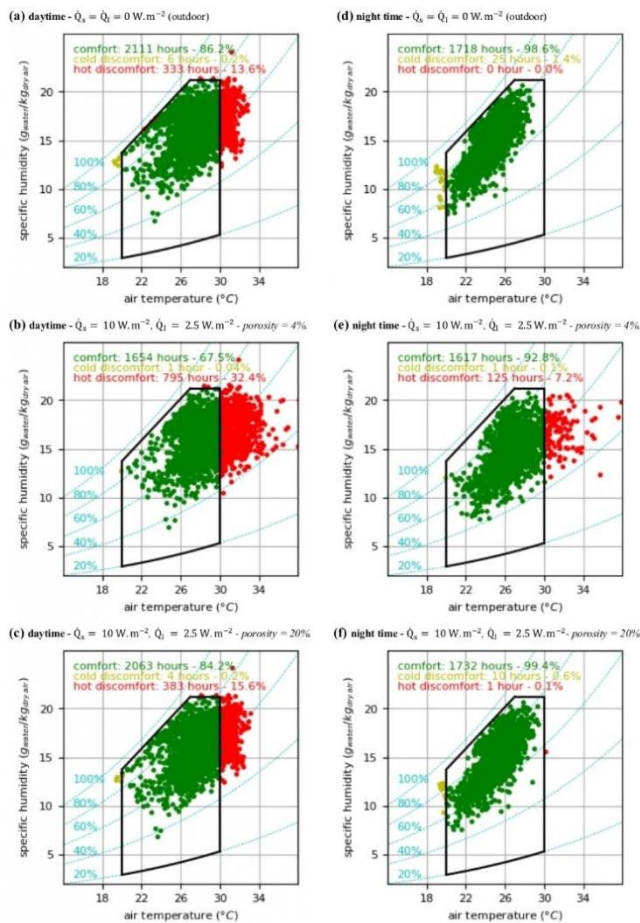
El estudio "Potential and limits of Natural Ventilation for comfort in retrofit buildings in tropical climates" por Riou et al. (2023) se enfoca en evaluar el potencial y las limitaciones de la ventilación natural inducida por el viento en climas tropicales. Se presenta un método basado en correlaciones de literatura existente para evaluar la

ventilación natural desde las condiciones climáticas exteriores hasta el confort interior. El estudio destaca que el consumo de energía para enfriamiento de espacios está creciendo rápidamente en el mundo, y la ventilación natural es una solución interesante en zonas tropicales donde vive el 40% de la población mundial. Sin embargo, se identifican obstáculos para la ventilación natural como el ruido, la privacidad y la reducción de la tasa de ventilación debido a elementos como mosquiteros (Figura 12).

Se destaca que el confort térmico no solo depende de factores ambientales sino también de las condiciones físicas y psicológicas de las personas, lo que hace compleja su cuantificación. El estudio propone métodos para evaluar la temperatura operativa óptima en edificios naturalmente ventilados, y se discuten las limitaciones del método, así como la necesidad de investigaciones futuras para definir reglas de diseño que favorezcan la ventilación natural en la rehabilitación de viviendas y oficinas. Los resultados del estudio muestran la importancia de considerar la ventilación natural en el diseño arquitectónico, especialmente en climas

tropicales, y señalan la necesidad de un enfoque más integrado que tome en cuenta tanto las condiciones climáticas exteriores como las necesidades y el comportamiento de los ocupantes (Riou et al., 2023).

Figura 12. Datos simulados de verano representados en una carta psicrométrica que evalúa el confort según el criterio de Lenoir



El estudio "Comparativa de análisis climático para estrategias de diseño mediante simuladores y carta psicrométrica de Givoni" realizado por Sánchez-López (2022), se enfoca en la importancia de usar datos climáticos específicos y locales para el diseño bioclimático. El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Saltillo, Coahuila, donde inicialmente se utilizaron los datos meteorológicos de Laredo, Texas, en los simuladores cove.tool y Climate Consultant, debido a la falta de archivos climáticos específicos del lugar. La investigación reveló que usar datos meteorológicos que no corresponden exactamente a la ubicación

puede resultar en estrategias de diseño no viables. Por esto, se realizó un diagrama psicrométrico de Givoni de manera manual

con datos propios de Saltillo para corroborar la información proporcionada por los programas.

Figura 13. Ejemplo aplicado de estrategia bioclimática con mayor superficie expuesta al Sol



El trabajo se centró en el análisis de la temperatura y la humedad para un pabellón de celdas de un centro penitenciario en Saltillo, Coahuila. Se consideraron elementos como el calentamiento y el enfriamiento necesarios en las edificaciones, utilizando métodos como la protección solar y la ventilación. El estudio concluyó la importancia de trabajar con características climáticas propias del sitio y sugiere la utilización de más de un método de análisis bioclimático para obtener datos más precisos (Figura 13). Se resalta la necesidad de considerar la tipología y actividades realizadas en la edificación al seleccionar estrategias de diseño bioclimático,

garantizando que cumplan con las condiciones ambientales y se ajusten al uso destinado de la edificación (Sánchez-López, 2022)

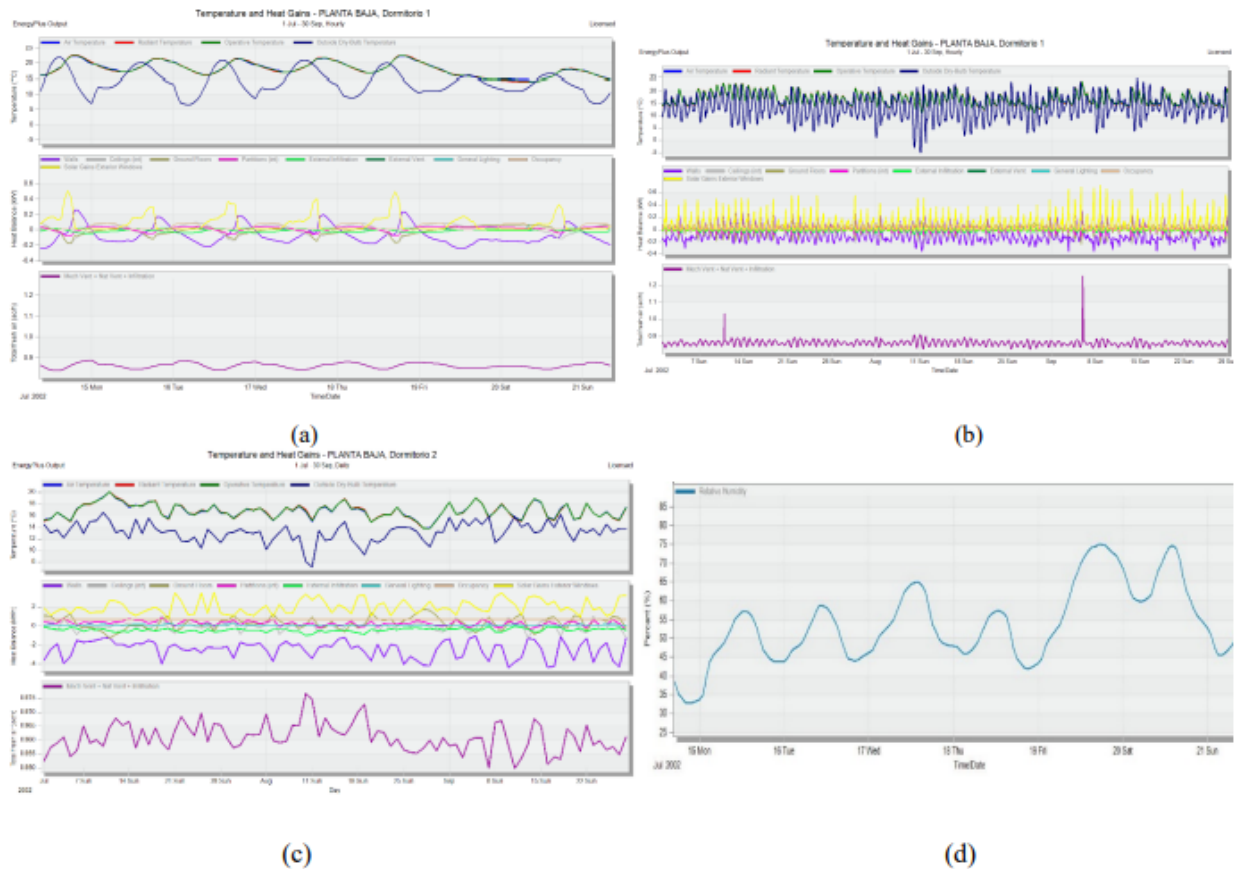
El estudio "Comparison of Hygrothermal Comfort and Life Cycle Between Recycled Plastic Block and Concrete Blocks in a Social Housing in The City of Cuenca" realizado por Genovez et al. (2021), examinan la comparación del confort higrotérmico y el ciclo de vida entre bloques de plástico reciclado y bloques de hormigón en una vivienda social en la ciudad de Cuenca, Ecuador. La investigación responde a la necesidad de abordar el déficit de vivienda en Ecuador, específicamente en Cuenca, donde el gobierno lanzó el proyecto "Casa Para Todos" en 2018. El estudio propone el uso de material plástico reciclado y procesado para la fabricación de módulos que forman las paredes de las casas propuestas, en contraste con los sistemas tradicionales de bloques de hormigón. Utilizando el software Design Builder y SimaPro, se realizaron simulaciones de confort higrotérmico, humedad relativa y análisis del ciclo de vida y el impacto ambiental.

Los resultados indican que la humedad relativa en los ambientes

analizados (dormitorio de los padres y sala de estar) es del 40 al 60% en ambos sistemas de construcción, estando dentro de los rangos de confort. La temperatura interna en el sistema de bloques de hormigón fluctúa entre 15 y 20 °C, mientras que con el bloque reciclado está en rangos de 17 a 20 °C, lo que sugiere que la casa hecha de bloques reciclados tiene una mayor ganancia térmica durante períodos prolongados del día. Por otro lado, la casa de bloques de hormigón tiene grandes pérdidas de calor debido a la porosidad del material (Figura 14). Por lo tanto, se recomienda el uso de bloques de plástico reciclado, sugiriendo investigaciones adicionales sobre el ciclo de vida y su impacto ambiental. En conclusión, el estudio muestra que la mampostería de plástico reciclado es una opción más adecuada para la construcción de viviendas sociales en Cuenca que los bloques de hormigón, debido a sus condiciones higrotérmicas que ofrecen un tiempo de confort más prolongado, el impacto ambiental reducido y las menores emisiones de CO₂ de su proceso de fabricación, contribuyendo además al

reciclaje de paquetes de plástico de un solo uso en la ciudad (Genovez et al., 2021).

Figura 14. Gráfico de temperatura y ganancias térmicas



Nota: Gráfico de temperatura y ganancias térmicas en un periodo de una semana por intervalos de una hora (a), Gráfico de temperatura y ganancias térmicas en un periodo de 3 meses por intervalos de hora (b), temperatura y ganancias térmicas en un período de 3 meses en intervalos por día (c), humedad relativa en un período de una semana en intervalos por hora (d).

El estudio "Análisis de habitabilidad y confort higrotérmico de viviendas sociales en la zona climática continental templada de Ecuador", realizado por Calle et al. (2021), se centra en la mejora funcional y del confort higrotérmico para viviendas sociales

ubicadas en una zona climática continental templada en la región de la Sierra de Ecuador. La investigación se desarrolló con un enfoque aplicativo, empleando simulaciones energéticas mediante el software Design Builder y comparando los

resultados con la aplicación de recomendaciones bioclimáticas pasivas. El estudio se llevó a cabo en el cantón de Azogues, en la provincia de Cañar, considerando diez viviendas sociales del programa gubernamental Manuela Espejo de 2018, diseñadas especialmente para personas con discapacidad. Estas viviendas presentaban una zona climática con una temperatura media anual de 14 a 17 °C y una humedad relativa del 59% al 66%.

La metodología incluyó encuestas de percepción social para determinar los niveles de confort de los usuarios de las viviendas. Los resultados mostraron que el 60% de los encuestados consideraba su hogar algo

incómodo, mientras que el 40% lo encontraba generalmente cómodo. Además, se observó que la composición familiar predominante en estas viviendas variaba entre 4 y 5 personas. El análisis energético y las simulaciones revelaron mejoras en términos de condiciones de habitabilidad y una propuesta arquitectónica que incluye recomendaciones bioclimáticas pasivas enfocadas en el diseño de viviendas sociales en Ecuador. Estos resultados apuntan a una contribución significativa en la implementación de nuevos planes de vivienda social que no solo ayudarían a reducir el déficit de vivienda, sino también a mejorar el confort ambiental interior percibido por los usuarios (Figura 15).

Figura 15. Resultados de la investigación

Description	Original social housing, 36m²	Social housing proposal, without hygrothermal improvements, 54m²	Social housing proposal, with hygrothermal improvements, 54m²
Room	x	x	x
Dining room	x	x
Kitchen	x	x	x
Bedroom 1	x	x	x
Bedroom 2	x	x	x
Bedroom 3	x	x
Comfort Hours, February 1-7 (19 ° C - 25 ° C – warmest month)	98	98	98
Comfort Hours, July 1-7 (19 ° C - 25 ° C – coldest month)	26	24	55
Hygrothermal heat balance (gains in kWh)	8849,55	8894,55	9003,23
Heat balance (losses in kWh)	-7916,31	-7916,31	-7577,41
Difference (total earnings in kWh)	933,24	978,24	1425,82

En conclusión, el estudio sugiere que la inclusión de consideraciones bioclimáticas pasivas en el diseño arquitectónico de viviendas sociales es fundamental para alcanzar condiciones óptimas de confort higrotérmico, especialmente en zonas de clima continental templado. Estas mejoras podrían llevar a ensayos y errores mediante la aplicación de técnicas bioclimáticas pasivas, promoviendo mejoras en el confort higrotérmico interior (Calle et al., 2021).

El estudio analizado por Pérez-Bezós et al. (2022) se centra en la influencia sociodemográfica en el confort higrotérmico y el consumo de energía en viviendas de

alquiler social en Vitoria, España, durante los primeros cuatro meses de 2020 y 2021, abarcando los períodos durante y después del confinamiento por COVID-19. Se empleó un innovador sistema de gestión de datos que permite a los usuarios y administradores visualizar en tiempo real la temperatura y el consumo en las viviendas. La metodología de estudio se dividió en dos fases: la primera asociada a las condiciones climáticas exteriores, propiedades del edificio y perfil social, y la segunda determinó los resultados en consumo de energía, confort higrotérmico interior y patrón de uso de energía por parte de los ocupantes. El

estudio se basó en la recolección de datos a través de encuestas, entrevistas, observación, investigación de escritorio y monitores de seguimiento a largo plazo. Se utilizó un sistema innovador para gestionar y registrar datos de temperatura y consumo en cada vivienda, lo que permitió a los usuarios tomar decisiones basadas en el confort térmico alcanzado, el consumo de energía y el gasto relacionado. Al mismo tiempo, permitió a la administración proporcionar asistencia energética a los usuarios, detectando sus necesidades y generando soluciones adaptadas.

Los resultados se dividieron en tres subsecciones: confort higrotérmico interior, consumo de energía y patrón de uso de energía por parte de los ocupantes. El confort higrotérmico se analizó en base a los datos de monitoreo de temperatura y humedad relativa de las viviendas, clasificando los resultados en rangos de temperatura y humedad para determinar el confort higrotérmico. El consumo de energía en los edificios está condicionado por características sociodemográficas, socioeconómicas y de estilo de vida de los residentes, y puede variar

considerablemente entre diferentes tipos de hogares.

Se identificó el comportamiento de las personas como uno de los principales impulsores del uso de energía en los edificios. Sin embargo, las preferencias, necesidades y comportamientos de los residentes no son constantes y pueden variar a lo largo de la vida. En cuanto al consumo de energía, se consideraron dos consumos diferentes: calefacción y agua caliente doméstica (DHW). Se compararon los datos de consumo promedio diario de calefacción y DHW para cada perfil, así como el número de días en los que se activaron la calefacción y el DHW en el período analizado. En conclusión, las características sociodemográficas de los hogares de viviendas sociales influyen en el confort higrotérmico de sus ocupantes y en el comportamiento de estos (Pérez-Bezós et al., 2022).

Por otro lado, la tesis de Anis (2019), se enfoca en la investigación de la utilización del bambú como material de construcción, especialmente para fachadas adaptativas en la arquitectura. El estudio busca explorar las propiedades del bambú, tales como su

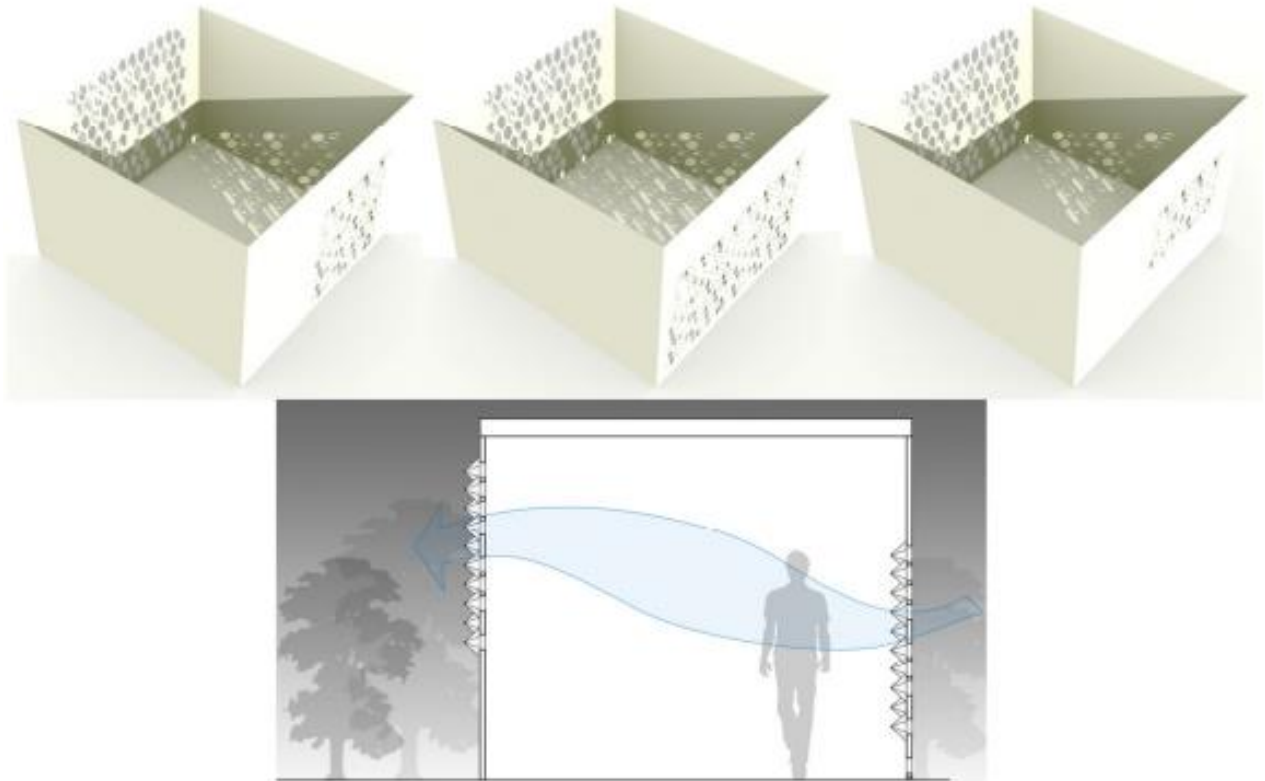
capacidad de respuesta y sostenibilidad, para su aplicación en diseños arquitectónicos que respondan a condiciones climáticas cambiantes. Se destaca la versatilidad del bambú como material de construcción debido a su fortaleza, flexibilidad y sostenibilidad. Se menciona que el bambú puede ser una alternativa viable a otros materiales más tradicionales como el acero y el hormigón, especialmente en regiones donde es abundante y accesible.

Uno de los puntos centrales de la tesis es la exploración de las fachadas adaptativas (Figura 16), que son sistemas de fachada que pueden modificar sus propiedades en respuesta a cambios en el ambiente exterior. El estudio propone el uso del bambú en estas fachadas, aprovechando

su capacidad de responder a cambios de humedad y temperatura.

La investigación aborda el concepto de arquitectura sostenible y responsiva, enfatizando la importancia de utilizar materiales y diseños que minimicen el impacto ambiental y mejoren la eficiencia energética de los edificios. El documento incluye estudios de caso y ejemplos prácticos donde se ha utilizado el bambú en la arquitectura, mostrando su eficacia y viabilidad en diferentes contextos y climas. La tesis concluye resaltando el potencial del bambú en la arquitectura moderna y sostenible, sugiriendo áreas para futuras investigaciones y desarrollo, como la mejora de técnicas de procesamiento del bambú y su integración en sistemas de construcción más complejos (Anis, 2019).

Figura 16. Posibles escalas de aplicación de un sistema de fachada higroscópica



1.4. Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática es concebida como la vertiente de la arquitectura que tiene como objetivo principal crear edificios de elevada eficiencia energética. Así pues, una vivienda bioclimática es aquella que sólo mediante su configuración arquitectónica es capaz de satisfacer las necesidades climatológicas de sus habitantes, aprovechando los recursos naturales y evitando el consumo de energías

convencionales (García, 2015). Además, García (2015) menciona que el bioclimatismo está íntimamente ligado a la construcción ecológica, que se refiere a las estructuras o procesos de construcción que sean responsables con el medioambiente y ocupan recursos de manera eficiente durante todo el tiempo de vida de una construcción. Este tipo de construcción busca evitar y, en algunos casos, deshacerse de la contaminación del medio ambiente.

Para alcanzar dicho objetivo el bioclimatismo tiene en cuenta múltiples características para encontrar la eficiencia energética como lo son:

En la arquitectura bioclimática, la adaptación a la temperatura se logra maximizando la energía térmica del sol y el efecto invernadero de los cristales, complementado con un aislamiento térmico eficiente. La orientación adecuada del edificio permite captar más radiación solar en invierno y menos en verano, mientras que las ventanas con protección solar vertical reducen la entrada de radiación en los meses más cálidos. La ventilación cruzada, aprovechando las diferencias de temperatura y presión entre estancias opuestas, facilita una ventilación natural. Se fomenta la integración de energías renovables para un consumo energético sostenible y no contaminante. Las cubiertas ajardinadas ayudan a regular las variaciones térmicas y mantener constantes la temperatura y la humedad bajo el tejado, mientras que las barreras anti-viento minimizan las filtraciones y la sensación térmica causada por el movimiento del aire,

contribuyendo a la eficiencia y confort del edificio.

La arquitectura bioclimática se fundamenta en dos principios esenciales para disminuir el consumo de energía: el uso de las características climáticas locales y la obtención de la mayor eficiencia energética posible (López, 2018); esta arquitectura se sitúa desde que el hombre cobro conciencia de protección y comenzó a utilizar los recursos naturales de los cuales disponía para cubrir sus necesidades básicas de alimentación, vestido y de un lugar donde vivir (vivienda), integrando sus espacios de manera confortable al ambiente natural que les rodeaba y que no demandaban grandes gastos de energía.

1.4.1. Introducción a la arquitectura bioclimática

La Arquitectura Bioclimática es un enfoque de diseño que busca la creación de espacios construidos en armonía con el clima y el entorno natural, aprovechando los recursos disponibles como la luz solar, la ventilación natural y las condiciones climáticas para minimizar el impacto ambiental y mejorar el confort térmico. Su

concepto se basa en la idea de que los edificios deben adaptarse a su entorno, más que luchar contra él, un principio que ha estado presente implícitamente en las prácticas de construcción tradicionales a lo largo de la historia.

Desde las antiguas viviendas trogloditas, que aprovechaban la masa térmica de la tierra para mantener una temperatura constante, hasta las ingeniosas construcciones de las culturas indígenas que se adaptaban a los desiertos, selvas o altiplanos, la arquitectura siempre ha tenido un componente bioclimático. Sin embargo, fue en el siglo XX cuando este enfoque se formalizó y ganó prominencia, especialmente en respuesta a las crisis energéticas y la creciente conciencia ambiental. Los arquitectos y diseñadores comenzaron a aplicar principios científicos y tecnológicos para optimizar el uso de recursos naturales, lo que llevó al desarrollo de estrategias como la orientación solar, la ventilación cruzada, la masa térmica y el aislamiento eficiente.

La evolución de la arquitectura bioclimática ha sido impulsada aún más por los avances en tecnologías sostenibles y el

análisis computacional, permitiendo un diseño más sofisticado y una integración más precisa de las características bioclimáticas. Hoy, en un contexto de cambio climático y sostenibilidad, la arquitectura bioclimática no solo es vista como una estrategia para la eficiencia energética y el confort, sino también como un enfoque integral para el diseño responsable y sostenible en armonía con el medio ambiente.

La arquitectura bioclimática en la actualidad ha venido ganando espacio por su aporte al cuidado del ambiente, lo que garantizará su sostenibilidad para las presentes y futuras generaciones al propiciar estándares de vida que garanticen su calidad en función no sólo de protección sino de confort (Terres, 2016). Por su parte Zambrano et al. (2022) pone de manifiesto que, en el campo de la bioarquitectura se está haciendo esfuerzos importantes en el diseño de edificaciones y construcciones con materiales de bajo impacto ambiental y alto rendimiento energético que pueden ser aplicables en el contexto de cualquier ciudad a nivel global en correspondencia con las tendencias de sustentabilidad.

Dentro de la arquitectura bioclimática existen varios exponentes teóricos que han contribuido significativamente a su desarrollo, centrándose en la integración de la construcción con entorno natural, el uso eficiente de los recursos y la adaptación a las condiciones climáticas locales, entre estos se describen los siguientes:

- **Victor Olgyay:** Considerado el pionero del bioclimatismo, define su equilibrio de climático mediante el siguiente método de análisis (Olgyay, 1963):
 - Análisis climático: El primer paso hacia el ajuste ambiental es el análisis de los elementos climáticos de una localidad dada. Deben analizarse datos anuales de radiación, efectos del viento; temperatura, humedad. Los datos deberán ser adaptados al nivel habitable, y deben considerarse los efectos de las condiciones micro climáticas.
 - Evaluación Biológica: La evaluación biológica debe basarse en las sensaciones humanas. La traficación de los datos climáticos en la carta

bioclimática e intervalos regulares mostrará un diagnóstico de la región, y se determinarán tablas de datos horarios.

- Soluciones tecnológicas: Después de determinar los requerimientos, se deben buscar soluciones tecnológicas. Para ello deberán realizarse los siguientes cálculos: Selección del sitio
Orientación
Determinación de sombras
Forma de la casa
Movimientos de aire
Balance de temperatura interior.

Así también, la escuela francesa de arquitectura bioclimática, integrada por figuras destacadas como Claude Izard, Yves Guyot, Félix Trombe y Michel, ha jugado un papel fundamental en el desarrollo y la promoción de la arquitectura bioclimática. Este movimiento se centró en el diseño de edificios que se adaptan al clima local y al entorno natural, utilizando recursos naturales y energías renovables para maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental. Los arquitectos de esta escuela se esforzaron por comprender la

relación entre el clima, los materiales de construcción y las necesidades humanas, buscando crear espacios que fueran cómodos, sostenibles y en armonía con el medio ambiente.

Una de las contribuciones más significativas de esta escuela fue el desarrollo de técnicas de construcción pasiva. Estas técnicas incluyen el uso de la masa térmica para regular la temperatura interior, el diseño de edificios orientados estratégicamente para aprovechar la luz natural y la ventilación, y el uso de materiales de construcción que reflejan o absorben el calor de manera eficiente. Félix Trombe, por ejemplo, fue pionero en el uso de muros Trombe, una innovación que permite almacenar calor solar en una pared oscura detrás de un vidrio y liberarlo gradualmente dentro del edificio. Esta técnica demostró ser revolucionaria, ya que proporcionaba una forma eficiente y rentable de calentar los espacios sin depender de fuentes de energía externas.

Por otro lado, los arquitectos de la escuela francesa también se centraron en el concepto de "arquitectura adaptativa", donde los edificios están diseñados para

adaptarse a los cambios estacionales y a las variaciones diarias en las condiciones climáticas. Claude Izard y Yves Guyot, entre otros, exploraron cómo los diseños arquitectónicos podían modificarse para responder a diferentes condiciones ambientales, utilizando elementos como persianas ajustables, techos retráctiles y paredes móviles. Estos elementos no solo mejoraban la eficiencia energética de los edificios, sino que también ofrecían a los ocupantes la posibilidad de interactuar con su entorno de una manera más dinámica y consciente.

Además de la eficiencia energética y la adaptabilidad, la escuela francesa de arquitectura bioclimática también puso énfasis en la importancia de la integración estética y cultural en el diseño arquitectónico. Reconocieron que los edificios no solo deben ser funcionales y sostenibles, sino también estéticamente agradables y en armonía con las tradiciones arquitectónicas locales y el entorno construido. Esta aproximación holística a la arquitectura buscaba no solo abordar los desafíos ambientales y energéticos, sino también enriquecer la experiencia humana y

fortalecer la conexión de las personas con su entorno natural y cultural. La influencia de estos arquitectos franceses sigue siendo evidente en la arquitectura contemporánea y continúa inspirando a nuevas generaciones de arquitectos y diseñadores a pensar de manera innovadora y sostenible.

1.4.2. Importancia y beneficios de la aplicación de la arquitectura bioclimática

La aplicación de la Arquitectura Bioclimática tiene un impacto significativo en la reducción del impacto ambiental y el ahorro energético de las construcciones. Al enfocarse en el diseño que aprovecha los recursos naturales y las condiciones climáticas locales, la arquitectura bioclimática minimiza la dependencia de fuentes de energía artificial, reduciendo así la huella de carbono de los edificios. Por ejemplo, mediante la orientación estratégica de un edificio para aprovechar la luz solar y la ventilación natural, se puede disminuir considerablemente la necesidad de iluminación artificial y sistemas de climatización, lo cual se traduce en un ahorro significativo en el consumo de energía.

Además, el uso de materiales con propiedades térmicas adecuadas, como la masa térmica en paredes y suelos, contribuye a mantener la estabilidad térmica interior, reduciendo la carga en los sistemas de calefacción y refrigeración. Esta estrategia no solo es beneficioso para el medio ambiente, sino que también representa un ahorro económico a largo plazo en términos de costos operativos y de mantenimiento. Además, la arquitectura bioclimática a menudo incorpora sistemas de recolección de agua de lluvia y tratamiento de aguas grises, promoviendo un uso más eficiente de los recursos hídricos. En conjunto, estas prácticas demuestran cómo un enfoque de diseño centrado en el clima y el entorno puede resultar en edificaciones más sostenibles y eficientes energéticamente.

Por otro lado, el confort térmico y la calidad de vida se ven significativamente mejorados con la aplicación de la Arquitectura Bioclimática. Al diseñar edificios que naturalmente mantienen condiciones térmicas interiores agradables, se mejora el bienestar y la satisfacción de los ocupantes. Por ejemplo, la ventilación natural no solo ayuda a regular la

temperatura, sino que también asegura una renovación constante del aire interior, lo cual es crucial para una buena calidad del aire y la salud de los residentes. El aprovechamiento de la luz natural a través de una planificación cuidadosa reduce la fatiga visual y mejora el estado de ánimo, contribuyendo a un ambiente de vida o trabajo más agradable y saludable. Además, la arquitectura bioclimática frecuentemente implica una mayor conexión con el entorno natural, ya sea a través de la integración de elementos verdes como jardines y patios, o mediante el uso de materiales naturales y vistas al exterior. Esta conexión con la naturaleza no solo enriquece estéticamente el espacio, sino que también ha demostrado tener efectos positivos en la salud mental y física de las personas. En consecuencia, la arquitectura bioclimática no solo aborda las necesidades de eficiencia energética y sostenibilidad ambiental, sino que también crea espacios que nutren y mejoran la calidad de vida de sus ocupantes.

1.4.3. Diseño bioclimático y confort higrotérmico

El diseño bioclimático y el confort higrotérmico son dos conceptos

fundamentales en la arquitectura sostenible que, aunque están estrechamente relacionados, se centran en aspectos distintos de la interacción entre los edificios, sus ocupantes y el medio ambiente.

El diseño bioclimático es una estrategia arquitectónica que integra las condiciones climáticas del entorno en el proceso de diseño de edificaciones con el objetivo de maximizar la comodidad térmica, minimizar el impacto ambiental y reducir el consumo de energía. Este enfoque se basa en la utilización de recursos naturales disponibles, como la orientación solar, la ventilación natural y las propiedades térmicas de los materiales, para crear espacios que respondan de manera eficiente a las variaciones climáticas externas.

El confort higrotérmico se refiere a la condición de bienestar y satisfacción de los ocupantes de un espacio en relación con el ambiente térmico interno. Este concepto engloba la percepción individual y colectiva de la temperatura, la humedad y la calidad del aire, y cómo estos factores se alinean con las necesidades fisiológicas y psicológicas humanas.

Mientras que el diseño bioclimático se enfoca en las estrategias constructivas y de planificación que integran las características ambientales externas para mejorar la eficiencia energética y la habitabilidad, el confort higrotérmico se centra en la experiencia interna del usuario, evaluando cómo las condiciones ambientales afectan la salud, la comodidad y la productividad de los ocupantes.

Ambos conceptos, aunque distintos en enfoque y aplicación, son complementarios. Un diseño bioclimático eficaz puede facilitar el logro de un alto nivel de confort higrotérmico, y viceversa, la búsqueda del confort higrotérmico puede guiar las decisiones de diseño bioclimático para crear entornos que sean tanto sostenibles como agradables para vivir. La integración exitosa de estos principios es fundamental para el desarrollo de la arquitectura sostenible y la construcción de espacios que no solo respeten el medio ambiente, sino que también mejoren la calidad de vida de sus habitantes.

Los principios de diseño bioclimático para lograr confort higrotérmico se centran en la creación de espacios que naturalmente

mantengan un ambiente interior confortable y saludable, alineando el diseño arquitectónico con las características del clima local. Uno de los principios fundamentales es la orientación óptima del edificio, que implica posicionar y diseñar la estructura de manera que se maximice la ganancia solar en invierno y se minimice en verano, aprovechando así la trayectoria del sol para un control térmico eficiente. Otro principio clave es el uso de la masa térmica, como paredes y suelos de materiales con alta capacidad de almacenamiento de calor, que absorben el calor durante el día y lo liberan lentamente por la noche, contribuyendo a estabilizar las fluctuaciones de temperatura. Además, la ventilación natural juega un rol crucial en el diseño bioclimático, utilizando estrategias como la ventilación cruzada y el efecto chimenea para facilitar la circulación del aire y mejorar la calidad del mismo, lo cual es vital tanto para la comodidad térmica como para la salud de los ocupantes.

Las estrategias bioclimáticas específicas para el confort higrotérmico varían según las necesidades y retos de cada clima. En climas cálidos, donde el sobrecalentamiento y la alta humedad son

preocupaciones primordiales, las estrategias incluyen el uso de sombreado eficaz (a través de aleros, persianas, o vegetación), para evitar la ganancia excesiva de calor solar. También son fundamentales los sistemas de enfriamiento pasivo, como la ventilación cruzada, los patios internos, o los muros de agua, que ayudan a reducir la temperatura interior. En climas fríos, el enfoque se centra en maximizar la ganancia solar y minimizar la pérdida de calor. Esto se logra mediante una orientación cuidadosa que capte la luz solar durante el invierno, un aislamiento térmico robusto, ventanas de doble o triple acristalamiento, y la minimización de puentes térmicos. Además, se pueden utilizar estrategias de captura y almacenamiento de calor, como muros Trombe o suelos radiantes, para distribuir el calor de manera eficiente dentro del edificio.

En climas mixtos, donde las condiciones varían significativamente entre las estaciones, las consideraciones de diseño requieren un enfoque flexible y adaptable. Aquí, el diseño debe permitir tanto la ganancia solar en invierno como la protección contra el calor excesivo en verano. Esto se puede lograr mediante

sistemas de sombreado ajustables, como persianas o paneles móviles, y la utilización de elementos arquitectónicos que se puedan modificar según la estación, como ventanas y paredes que se abren para permitir la ventilación en verano y se cierran para conservar el calor en invierno. La integración de vegetación también juega un papel importante, proporcionando sombra en verano y permitiendo la penetración solar en invierno cuando las hojas caen. El uso de materiales con propiedades térmicas adaptables, como cristales inteligentes que cambian su transparencia, y sistemas de ventilación controlados automáticamente, también puede contribuir a mantener un confort higrotérmico óptimo a lo largo del año. En resumen, el diseño bioclimático para climas mixtos requiere una planificación cuidadosa y una integración inteligente de tecnologías y estrategias pasivas para responder de manera efectiva a las variaciones estacionales.

Aquí se presentan cinco ejemplos destacados de arquitectos a nivel mundial que han aplicado principios de diseño bioclimático y confort higrotérmico en sus obras:

Glenn Murcutt (Australia) - Ampliamente reconocido por su enfoque en el diseño sostenible y ecológico, Glenn Murcutt es un pionero en integrar técnicas pasivas de climatización dentro de sus proyectos arquitectónicos. Utiliza estrategias como la optimización de la luz natural y la ventilación cruzada para crear espacios que no sólo respeten el entorno natural, sino que también promuevan el confort de sus habitantes sin recurrir al uso intensivo de energía artificial.

Un ejemplo emblemático de su trabajo es la "Casa Marie Short" (Figura 17), donde estas técnicas se manifiestan plenamente. En esta residencia y muchas otras, Murcutt emplea materiales ligeros y locales, diseñando los edificios para que respondan inteligentemente a su contexto climático y ambiental. Estas características son fundamentales para minimizar el impacto ambiental y maximizar la eficiencia energética, reflejando su filosofía de que un buen diseño arquitectónico surge como una respuesta al clima y la ecología local.

Figura 17. Casa Marie Short



Kengo Kuma (Japón) - Renombrado por su capacidad para fusionar elementos naturales con técnicas tradicionales japonesas, Kengo Kuma es un destacado arquitecto cuyos proyectos reflejan una profunda conexión con el entorno natural y la cultura local. En la "Casa de Bambú" (Figura 18) en China, Kuma emplea materiales autóctonos, como el bambú, que no solo se adaptan estéticamente al paisaje, sino que también ofrecen ventajas en términos de sostenibilidad y eficiencia térmica.

Esta residencia es un claro ejemplo de cómo el diseño puede orientarse para aprovechar al máximo las propiedades del material y las condiciones climáticas locales, buscando optimizar el confort térmico y la calidad ambiental interior sin depender excesivamente de sistemas mecánicos de climatización. A través de estrategias de diseño inteligente, como la orientación adecuada del edificio, el uso de sombreado natural y la ventilación estratégica, Kuma no solo preserva la tradición arquitectónica japonesa, sino que la adapta ingeniosamente para enfrentar desafíos contemporáneos relacionados con el cambio climático y la eficiencia energética.

Figura 18. Casa-muro de bambú, Shui Guan



Renzo Piano (Italia) - El diseño del "Centro Botín" (Figura 19) en Santander es un testimonio destacado de la habilidad de Renzo Piano para integrar la sostenibilidad en la arquitectura moderna. Este proyecto ilustra su enfoque de utilizar fachadas inteligentemente diseñadas que no solo regulan la entrada de luz solar, minimizando la ganancia térmica indeseada durante los meses más cálidos y maximizando la misma durante los más fríos, sino que también sirven como elementos estéticos y funcionales significativos.

Las fachadas de cristal del Centro Botín están equipadas con lamas móviles que se ajustan automáticamente para optimizar la luz natural y el confort térmico, reduciendo la necesidad de iluminación artificial y de sistemas de climatización activos. Además, Piano implementa sistemas

de climatización que aprovechan los recursos naturales disponibles, como la ventilación natural, que utiliza el flujo de aire del entorno para mantener un ambiente interior confortable. Este enfoque no solo mejora el confort térmico, sino que también promueve una operación energéticamente eficiente y respetuosa con el medio ambiente. En conjunto, estas estrategias demuestran cómo Piano no solo busca una solución estética y funcional en sus diseños, sino que también enfatiza la importancia de la responsabilidad ecológica en la arquitectura contemporánea.

Figura 19. Centro Botín, Santander



Norman Foster (Reino Unido) - La "Torre de la Hearst" en Nueva York, una de las creaciones más emblemáticas de Norman Foster, destaca por su innovador uso de un diagrid de acero. Este elemento estructural no solo reduce significativamente la cantidad de materiales de construcción necesarios, comparado con los métodos de construcción tradicionales, sino que también contribuye a la estética distintiva del edificio. La utilización de este diagrid permite grandes espacios abiertos dentro del edificio y maximiza el uso de la luz natural, reduciendo la dependencia de la iluminación artificial y disminuyendo así el consumo energético general del edificio.

Además, la forma aerodinámica de la torre ha sido cuidadosamente diseñada para facilitar la ventilación natural a través de sus espacios. Esta característica es crucial para el confort

higrotérmico dentro del edificio, ya que mejora la calidad del aire interior y ayuda a mantener una temperatura agradable de manera más natural y menos costosa energéticamente. La integración de estas tecnologías no solo refleja el compromiso de Foster con la innovación arquitectónica y la sostenibilidad, sino que también establece un precedente en la construcción de rascacielos que son tanto funcionalmente avanzados como responsables con el medio ambiente.

Figura 20. Torre de la Hearst



Thomas Herzog (Alemania) - Como pionero en la integración de tecnologías solares en la arquitectura, Thomas Herzog ha establecido un nuevo paradigma en el diseño sostenible y energéticamente eficiente. Uno de sus proyectos más significativos es el "Neues Stadthaus" en Ulm, que ilustra su enfoque innovador hacia el uso de energías renovables en edificaciones urbanas. En este edificio, Herzog ha incorporado paredes fotovoltaicas que no solo actúan como elementos estructurales, sino que también generan energía limpia directamente desde la fachada del edificio, lo que reduce considerablemente la necesidad de energía externa.

Además, el "Neues Stadthaus" está equipado con sistemas de sombreado automático que se ajustan dinámicamente a las condiciones de luz solar directa. Este sistema permite optimizar

la entrada de luz natural, minimizando la carga térmica interna durante los meses de verano y maximizando la ganancia solar durante el invierno, lo que contribuye significativamente al confort (Figura 21) térmico en el interior del edificio.

Esta integración de soluciones basadas en la energía solar no solo refleja un compromiso con el medio ambiente, sino que también promueve una reducción en el consumo de recursos no renovables, destacando la visión de Herzog para un futuro arquitectónico más verde y tecnológicamente avanzado.

Figura 21. Ulm Stadhaus Exhibition & Assembly Building



Estos arquitectos demuestran cómo el diseño bioclimático puede ser efectivamente implementado en diversas condiciones climáticas y culturales, priorizando el confort higrotérmico y la eficiencia energética.

1.4.4. Selección de materiales de construcción

Los materiales de construcción juegan un papel fundamental en la determinación del confort higrotérmico dentro de los edificios, afectando directamente cómo se absorbe, almacena y transfiere el calor, así como la manera en que se regula la humedad en el interior. Materiales con alta inercia térmica, como el hormigón, la mampostería o la piedra, son capaces de absorber grandes cantidades de calor durante las horas de mayor radiación solar, y luego liberarlo lentamente durante la noche, ayudando así a moderar las fluctuaciones de temperatura dentro del edificio. Esto es particularmente útil en climas con grandes variaciones térmicas entre el día y la noche.

Por otro lado, materiales ligeros y con poca masa térmica, como algunos tipos de madera o paneles de metal, reaccionan rápidamente a los cambios de temperatura, pero no son tan eficaces para almacenar y liberar calor. Además, la transmisión de la humedad también se ve influenciada por los materiales de construcción. Materiales permeables y transpirables, como ciertas

maderas y fibras naturales, pueden absorber y liberar humedad, ayudando a regular los niveles de humedad en el interior y a mantener un ambiente confortable.

Para mejorar la eficiencia térmica y la regulación de la humedad en la construcción, se adoptan varios enfoques. Uno de ellos es el uso de aislamiento de alto rendimiento en paredes, techos y suelos, que reduce la pérdida o ganancia de calor no deseada, manteniendo así una temperatura interior más estable. El tipo de aislamiento elegido debe ser adecuado para el clima; por ejemplo, en climas fríos, se requiere un aislamiento que impida la pérdida de calor, mientras que, en climas cálidos y húmedos, es importante elegir materiales que eviten la acumulación de humedad y el crecimiento de moho.

Otra estrategia es el uso de ventanas de doble o triple acristalamiento, que no solo reducen la transferencia de calor, sino que también mejoran la acústica y reducen la entrada de ruido exterior. La ventilación juega un papel clave en la regulación de la humedad y la calidad del aire; sistemas de ventilación eficientes y controlados, como la ventilación mecánica con recuperación de

calor, pueden proporcionar aire fresco y filtrado, manteniendo los niveles de CO₂ y humedad dentro de rangos saludables sin comprometer la eficiencia térmica.

El rol del confort higrotérmico en el diseño sostenible es crucial, ya que un ambiente interior confortable y saludable es un componente esencial de la sostenibilidad en la arquitectura. Un diseño que promueve el confort higrotérmico a través de medios naturales y pasivos no solo mejora la calidad de vida de los ocupantes, sino que también reduce la dependencia de sistemas mecánicos de calefacción y refrigeración, disminuyendo el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el diseño sostenible, el confort higrotérmico se aborda desde las primeras etapas del proceso de diseño, considerando la orientación del edificio, el clima local, y la integración de elementos arquitectónicos que faciliten la regulación natural de la temperatura y la humedad. Este enfoque holístico no solo tiene beneficios ambientales, sino que también conlleva ventajas económicas a largo plazo, como la reducción de los costos de operación y mantenimiento. En resumen, el confort

higrotérmico es un pilar esencial del diseño sostenible, alineando las necesidades humanas con el respeto por el medio ambiente y la eficiencia de los recursos.

Con base a lo expuesto, los materiales de construcción son cruciales para garantizar el confort higrotérmico en cualquier edificio. A continuación, se presentan varios ejemplos arquitectónicos de arquitectos a nivel internacional que ilustran la importancia de estos materiales en sus obras

Shigeru Ban (Japón) - Conocido por su uso innovador del papel y cartón reciclado, Shigeru Ban diseñó la "Catedral de Cartón" en Christchurch (Figura 22), Nueva Zelanda, utilizando tubos de cartón como principal material de construcción. La elección de tubos de cartón para la construcción de la catedral no solo refleja una preocupación por la sostenibilidad y el bajo costo, sino que también ofrece beneficios significativos en términos de aislamiento térmico y acústico. Estas características son esenciales para el confort higrotérmico dentro del edificio, asegurando un ambiente interior que es tanto

energéticamente eficiente como acogedor para los usuarios.

Además, la "Catedral de Cartón" no solo cumple con las necesidades funcionales de un espacio eclesiástico, sino que también sirve como un símbolo de resiliencia y

renovación para la comunidad de Christchurch. Su estructura ligera, pero resistente, es capaz de soportar las rigurosas demandas del clima local y los posibles eventos sísmicos futuros, mientras que su diseño estético y la translucidez del material invitan a la reflexión y al recogimiento.

Figura 22. Catedral de Christchurch, en Nueva Zelanda



Peter Zumthor (Suiza) - un maestro suizo de la arquitectura, ha utilizado magistralmente el hormigón térmicamente activo en su diseño del "Therme Vals" en Suiza, un spa termal que se ha convertido en un ícono de diseño sostenible y funcional. Este material juega un papel crucial en la regulación de la temperatura dentro del complejo, explotando sus propiedades de masa térmica para crear un ambiente confortable de manera natural. Durante las horas de luz, el hormigón absorbe y almacena calor, que luego se libera gradualmente a medida que la temperatura exterior desciende, proporcionando así una regulación térmica eficiente sin dependencia de sistemas mecánicos. Este enfoque no solo mejora el confort térmico para los

visitantes, sino que también reduce el consumo de energía y los costos operativos del edificio, destacando el compromiso de Zumthor con la sostenibilidad arquitectónica.

Además, la aplicación de hormigón térmicamente activo en el "Therme Vals" no solo sirve para fines funcionales, sino que también complementa la estética minimalista y contemplativa que Zumthor busca en sus obras. La textura del hormigón y su capacidad para moldearse en formas fluidas y táctiles enriquecen la experiencia sensorial de los espacios, armonizando con el paisaje montañoso que rodea al spa (Figura 23). Este uso innovador del material refleja una fusión de arte y tecnología, donde la arquitectura no solo está al servicio del confort humano, sino que también celebra y responde al entorno natural. Así, el "Therme Vals" de Zumthor se destaca no solo como un triunfo de la ingeniería térmica, sino como un testimonio del poder de la arquitectura para influir en la experiencia humana a través de la cuidadosa selección y aplicación de materiales.

Figura 23. Termas de Vals



Jean Nouvel (Francia) - un visionario arquitecto francés, incorporó una ingeniosa fachada de diafragmas mecánicos en su diseño del "Instituto del Mundo Árabe" en París, inspirándose en las mashrabiyas que se encuentran en la arquitectura tradicional árabe. Estos elementos, que

funcionan como sofisticadas persianas ajustables, no solo ofrecen un control preciso sobre la cantidad de luz solar que penetra en el edificio, sino que también gestionan de manera efectiva el calor y la humedad interna. Esta innovadora integración de tecnología y diseño tradicional no solo mejora el confort térmico dentro del edificio, sino que también reduce significativamente la necesidad de climatización artificial, lo que a su vez disminuye el consumo energético y la huella de carbono del edificio. La habilidad de Nouvel para fusionar elementos estéticos con funcionalidad eco-eficiente es una muestra clara de cómo la arquitectura puede jugar un papel crucial en la creación de entornos sostenibles y confortables.

Además, la utilización de estas fachadas diafragmáticas (Figura 24) en el "Instituto del Mundo Árabe" no solo responde a necesidades funcionales, sino que también enriquece la conexión cultural y estética del edificio con su inspiración arquitectónica árabe. La capacidad de estas estructuras para adaptar su configuración en respuesta a las condiciones climáticas variables simboliza un puente entre la sabiduría constructiva ancestral y las tecnologías modernas de control ambiental. Este enfoque no solo garantiza un ambiente interno óptimo, sino que también refleja un respeto profundo por el patrimonio artístico y técnico árabe, demostrando cómo la arquitectura moderna puede honrar y revitalizar tradiciones antiguas mientras enfrenta los retos contemporáneos de sostenibilidad y confort ambiental.

Figura 24. Instituto del Mundo Árabe



Wang Shu (China) - un destacado arquitecto chino, incorporó un enfoque innovador y sostenible en su diseño del "Museo de Historia Ningbo". Este proyecto no solo refleja su compromiso con la preservación cultural, sino también con las prácticas de construcción ecológicas. Shu utilizó técnicas constructivas tradicionales chinas junto con materiales recuperados de edificios demolidos, como ladrillos y tejas (Figura 25). Esta elección de materiales no solo favorece la sostenibilidad al reducir el desperdicio y la necesidad de nuevos recursos, sino que también mejora el desempeño térmico del edificio. Los materiales recuperados poseen propiedades inherentes que regulan de forma natural la temperatura y la humedad dentro del museo, creando así un entorno interno que responde eficazmente a las fluctuaciones climáticas de la región de Ningbo, conocida por sus húmedos veranos y fríos inviernos.

Los ladrillos y tejas antiguos integran una narrativa visual de reutilización y memoria, conectando a los visitantes con la rica historia de la región. Esta conexión se ve reforzada por la arquitectura del museo, que a través de sus espacios y texturas ofrece una cápsula del tiempo que dialoga con las tradiciones arquitectónicas locales mientras sirve como un modelo de prácticas contemporáneas sostenibles.

Figura 25. Museo de Historia Ningbo



Francis Kéré (Burkina Faso) - un arquitecto innovador originario de Burkina Faso, ha sido pionero en la integración de técnicas y materiales locales en sus proyectos para adaptarse de manera sostenible a las condiciones climáticas extremas de África. Un claro ejemplo de su enfoque se ve en la escuela primaria de Gando, Burkina Faso, donde utilizó la arcilla, un material tradicional y abundante en la región, en combinación con un diseño de techo vanguardista que promueve la ventilación natural (Figura 26). Esta configuración no sólo es respetuosa con el medio ambiente, sino que también es económicamente viable dado el contexto local. La arcilla juega un papel crucial en la moderación del clima interior; su masa térmica absorbe el calor durante el día y lo libera gradualmente por la noche, manteniendo así las aulas confortablemente frescas y superando los desafíos del clima árido y caliente típico del Sahel.

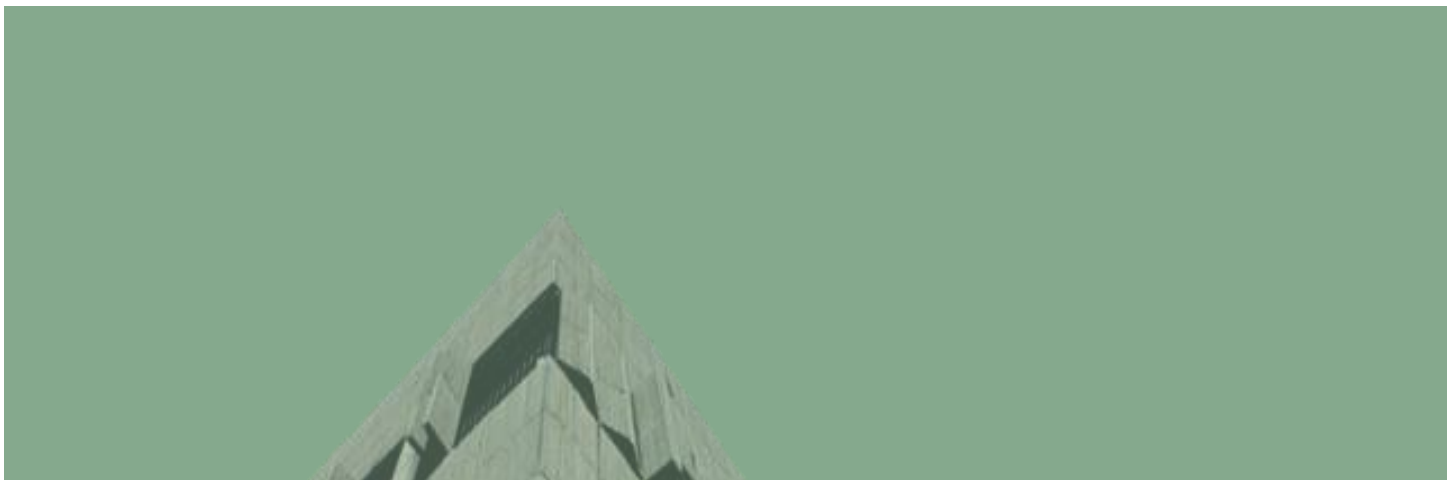
Además, el diseño del techo de la escuela incorpora una serie de aleros y aberturas estratégicamente ubicadas que facilitan el flujo cruzado de aire, lo cual es esencial para la ventilación sin recurrir a sistemas mecánicos de enfriamiento. Esta solución no solo mejora el confort térmico, sino que también asegura un ambiente de aprendizaje saludable para los estudiantes. Kéré ha demostrado con este proyecto que es posible alcanzar la excelencia en diseño arquitectónico utilizando recursos locales y técnicas adaptadas a las condiciones socioeconómicas y climáticas locales.

Figura 26. Escuela primaria de Gando



Estos ejemplos ilustran de manera efectiva cómo arquitectos de diversas partes del mundo están adoptando una mezcla de materiales tanto tradicionales como modernos para optimizar el confort higrotérmico en sus diseños. La correcta selección de materiales no solo influye positivamente en el bienestar de los ocupantes, sino que también juega un papel crucial en la promoción de la sostenibilidad ambiental. Al utilizar recursos locales y sostenibles, combinados con innovaciones tecnológicas, estos arquitectos no solo están diseñando edificaciones que son confortables y eficientes desde el punto de vista energético, sino que también están contribuyendo a la conservación de los ecosistemas y la reducción de la huella de carbono de las construcciones. Este enfoque holístico en la elección de materiales refleja un compromiso con el bienestar humano y la protección del medio ambiente, estableciendo un estándar para futuros proyectos arquitectónicos.

Además, la integración de estos materiales no solo responde a necesidades funcionales y estéticas, sino que también destaca por su capacidad para crear sinergias entre el diseño arquitectónico y el entorno natural y cultural de cada lugar. Por ejemplo, el uso de técnicas vernáculas no solo honra las tradiciones constructivas locales, sino que también adapta estas metodologías a los retos contemporáneos, como la necesidad de edificios más resistentes al cambio climático. Esto demuestra que la innovación en la selección de materiales puede y debe ser un reflejo de un entendimiento profundo del contexto local, asegurando que los edificios sean sostenibles no solo en términos ambientales, sino también social y culturalmente. Este enfoque multifacético hacia la arquitectura sostenible es esencial para el desarrollo de comunidades resilientes y adaptadas a sus entornos específicos.



CAPITULO 2: LA CAÑA GUADÚA COMO MATERIAL DE ENVOLVENTE

Este capítulo explora el uso de la caña guadúa, un recurso natural renovable y abundante en América Latina, destacando especialmente su prevalencia en la región de Manabí, Ecuador. Se analiza cómo este material puede integrarse eficazmente en la envolvente de edificaciones contemporáneas, ofreciendo mejoras significativas en el comportamiento higrotérmico y contribuyendo a la sostenibilidad arquitectónica.

El análisis exhaustivo de la caña guadúa como componente de envolvente demuestra su valor en mejorar el comportamiento térmico de las edificaciones en climas tropicales, como el de Portoviejo-Manabí. La guadúa, por su rápida tasa de crecimiento y su capacidad para regular la temperatura interna sin necesidad de sistemas mecánicos de climatización, ofrece una solución sostenible que reduce el consumo energético y la huella de carbono de las construcciones.

Este capítulo detalla las propiedades estructurales y térmicas de la caña guadúa, destacando su resistencia comparable a la de

muchos metales y polímeros, y su eficacia en la regulación térmica natural de los espacios. Al conocer estas propiedades, se valida el uso de la guadúa en aplicaciones de construcción no solo como una opción estética, sino principalmente funcional y adaptativa a diversos climas y contextos urbanos.

La integración de la caña guadúa en la arquitectura bioclimática representa un paso adelante hacia un modelo de desarrollo urbano más resiliente y ecológico. Utilizando casos de estudio nacionales e internacionales, el capítulo muestra cómo la guadúa se emplea no solo para fines estructurales sino también como elemento crucial en el diseño bioclimático, optimizando el confort higrotérmico y la eficiencia energética de las edificaciones.

En resumen, el Capítulo 2 fundamenta cómo la caña guadúa puede contribuir significativamente a la arquitectura sostenible, redefiniendo las prácticas de diseño y construcción para alinearlas con los principios de sostenibilidad ambiental y eficiencia energética. Este

análisis no solo resalta la importancia de utilizar materiales ecológicos en la construcción, sino que también promueve la guadúa como una solución viable y efectiva para enfrentar los retos climáticos y estéticos en la arquitectura moderna.

2.1. La caña guadúa en la construcción de envolventes

La caña guadúa, un recurso natural renovable y sostenible, ha emergido como una solución innovadora en el campo de la arquitectura, particularmente en el diseño y construcción de envolventes arquitectónicas. Este material, utilizado durante siglos en diversas culturas por su versatilidad y resistencia, ofrece hoy una alternativa ecológica frente a los materiales de construcción tradicionales. La preocupación creciente por el impacto ambiental de la industria de la construcción ha impulsado la búsqueda de materiales más verdes, donde el bambú destaca por sus propiedades únicas.

La caña guadúa combina ligereza, flexibilidad y una resistencia comparable a la de muchos metales y polímeros, lo que lo convierte en un candidato ideal para

enfrentar los desafíos de la arquitectura contemporánea. Su rápido crecimiento, capacidad de regeneración sin necesidad de replantación y la absorción de dióxido de carbono, lo posicionan como un recurso altamente sostenible. Además, su adaptabilidad estética y la capacidad de integrarse armónicamente con diferentes contextos y climas amplían su aplicabilidad en la creación de fachadas, techos y otras estructuras que componen las envolventes arquitectónicas.

La utilización de la caña guadúa en envolventes arquitectónicas no solo responde a la necesidad de materiales más sostenibles, sino que también abre nuevas vías para la innovación en el diseño, permitiendo la creación de espacios que son a la vez funcionales, estéticamente agradables y ambientalmente responsables. Este material, con su bajo costo y la posibilidad de ser trabajado con técnicas tanto tradicionales como avanzadas, representa una solución prometedora para el diseño sostenible, haciendo posible la construcción de estructuras que están en armonía con su entorno y que contribuyen al bienestar de sus ocupantes.

En este contexto, el estudio de la caña guadúa como material para envolventes arquitectónicas no solo es relevante por sus implicaciones ambientales, sino también por su potencial para redefinir las prácticas de diseño y construcción, marcando un camino hacia un futuro más sostenible en la arquitectura. La exploración de este material, sus propiedades, aplicaciones y los desafíos que presenta, constituye un campo fértil para la innovación y la experimentación, prometiendo revolucionar la manera en que concebimos y construimos los espacios en los que vivimos.

En el vasto universo de la arquitectura sostenible, la caña de bambú se ha consolidado como un material de elección, destacando no solo por su potencial estructural, sino también por su versatilidad en la creación de envolventes arquitectónicas innovadoras y ecológicas. Este enfoque se distingue por explorar el bambú más allá de su tradicional uso como elemento de soporte, adentrándose en su capacidad para conformar la piel de edificios, donde su aplicación puede influir significativamente en la estética, el confort térmico y la eficiencia energética de las construcciones.

La elección de la caña de bambú para envolventes arquitectónicas responde a una visión holística de la sostenibilidad, donde la estética, la funcionalidad y el impacto ambiental convergen. A diferencia de su papel como material estructural, donde la resistencia y la capacidad de carga son primordiales, su uso en envolventes pone en relieve propiedades como la ligereza, la transparencia potencial y la capacidad de modulación. Estas características permiten el desarrollo de fachadas dinámicas, sistemas de sombreado eficientes y revestimientos que se integran armoniosamente con el entorno natural y cultural.

La innovación en el tratamiento y la manipulación de la caña de bambú ha permitido superar limitaciones previas, abriendo un abanico de posibilidades para su incorporación en envolventes arquitectónicas. Mediante técnicas avanzadas es posible mejorar su durabilidad, resistencia a la intemperie y compatibilidad con otros materiales de construcción, ampliando su aplicabilidad y desempeño a largo plazo.

La utilización del bambú en este contexto también se alinea con estrategias

de diseño bioclimático, contribuyendo a la regulación térmica de los edificios a través de la ventilación natural y el control solar, lo que resulta en espacios más confortables y menos dependientes de sistemas mecánicos de climatización. Además, su capacidad para ser reciclado y regenerado enfatiza el compromiso con el ciclo de vida completo de los materiales, reforzando el enfoque hacia una arquitectura verdaderamente sostenible.

En conclusión, la integración de la caña de bambú en el diseño de envolventes arquitectónicas representa una evolución de su uso tradicional, destacando su rol no solo como un componente estructural, sino como un elemento clave en la definición de espacios arquitectónicos que son sostenibles, eficientes y estéticamente innovadores. Este enfoque subraya la importancia de considerar los materiales no solo por su funcionalidad inmediata, sino por su contribución global al bienestar humano y al respeto por el medio ambiente.

2.2. La Caña Guadúa en la arquitectura bioclimática

La caña guadúa, un tipo de bambú nativo de América Latina, se ha destacado como un material de construcción sostenible y ecológico, especialmente en el contexto de la arquitectura bioclimática. Su sostenibilidad se debe a varias características inherentes: es un recurso renovable que crece rápidamente, alcanzando madurez para su uso en construcción en aproximadamente 6 a 7 años, mucho más rápido que los árboles maderables tradicionales. Este rápido crecimiento lo convierte en un sumidero eficaz de carbono, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático. Además, las plantaciones de guadúa ayudan a proteger el suelo contra la erosión y a mantener la biodiversidad local.

En términos de sus aspectos ecológicos, la guadúa es altamente resistente y durable, con una resistencia a la tracción comparable a la del acero y una resistencia a la compresión similar a la del concreto. Esta fortaleza, combinada con su ligereza, la hace ideal para construcciones en áreas propensas a sismos. La guadúa

también se presta para un manejo sostenible, ya que su cosecha y procesamiento requieren menos energía en comparación con otros materiales de construcción, lo que reduce aún más su huella de carbono.

En cuanto a las técnicas de diseño y construcción con guadúa para lograr confort higrotérmico, este material ofrece varias ventajas. Su estructura hueca y la presencia de cavidades de aire en su interior le confieren excelentes propiedades aislantes, lo que ayuda a mantener una temperatura interior agradable en una amplia gama de condiciones climáticas. En climas cálidos y húmedos, la guadúa permite la construcción de estructuras con amplia ventilación natural, favoreciendo el enfriamiento pasivo y la regulación de la humedad.

Por otro lado, en climas más fríos, su capacidad aislante ayuda a reducir la necesidad de calefacción artificial. El diseño con guadúa a menudo incluye techos de gran pendiente y amplios aleros, proporcionando sombra y protección contra la lluvia, mientras que su flexibilidad y resistencia permiten crear formas orgánicas y aberturas que optimizan la captación solar y la

ventilación. La guadúa también se combina frecuentemente con otros materiales naturales y sostenibles, como el barro y las fibras vegetales, para mejorar aún más el confort térmico y la eficiencia energética de las edificaciones.

La eficacia de la guadúa como material de construcción varía en diferentes climas y contextos, aunque en general, se adapta bien a una amplia gama de entornos. En climas tropicales, donde es nativa, su capacidad para soportar altas temperaturas y humedad la hace particularmente valiosa. En estas regiones, las propiedades de la guadúa para la ventilación cruzada y el sombreado son altamente beneficiosas. Sin embargo, su uso no se limita a climas tropicales; en zonas templadas, la guadúa puede ser eficaz cuando se utiliza en combinación con otros materiales aislantes.

Su flexibilidad y resistencia la hacen adecuada para áreas con condiciones climáticas variadas, incluyendo regiones con actividad sísmica. Aunque su aplicación en climas extremadamente fríos puede ser más limitada, las innovaciones en técnicas de aislamiento y combinaciones con otros materiales están ampliando sus

posibilidades de uso. En todos los contextos, la clave para el éxito de la guadúa como material de construcción sostenible y eficiente desde el punto de vista térmico radica en un diseño inteligente que maximice sus propiedades naturales y se adapte a las condiciones climáticas y culturales específicas de cada lugar.

2.3. Integración de caña guadúa en proyectos bioclimáticos - Casos internacionales y locales

La integración de la caña guadúa en proyectos bioclimáticos representa una innovadora convergencia entre sostenibilidad, estética y funcionalidad, destacándose tanto en proyectos locales en Latinoamérica como en iniciativas internacionales.

La caña guadúa, un tipo de bambú nativo de América del Sur, es ampliamente reconocida por sus propiedades estructurales, su sostenibilidad y su eficiencia en el manejo del clima interior de los edificios. A continuación, se presentan varios ejemplos en los que arquitectos han integrado la caña guadúa en proyectos

bioclimáticos, tanto a nivel internacional como nacional.

2.3.1 Referentes arquitectónicos internacionales

La selección de casos de estudio para esta investigación se ha realizado teniendo en cuenta la relevancia de cada uno en términos de innovación en el uso de materiales y su diseño bioclimático. Estos proyectos no sólo responden de manera práctica y sostenible a los desafíos climáticos y estéticos contemporáneos, sino que también ilustran la versatilidad de la caña guadúa como un recurso renovable y eficiente para la construcción.

A través de estos estudios de caso, la tesis explora una gama amplia de aplicaciones de la guadúa, desde su incorporación en estructuras menores como puentes y pabellones, hasta su uso en construcciones más grandes y complejas. Este análisis detallado permite evaluar cómo la guadúa contribuye al confort higrotérmico dentro de los edificios y cómo se adapta a diferentes contextos y necesidades arquitectónicas, ofreciendo soluciones innovadoras y ecológicas en el campo de la arquitectura urbana contemporánea. A

continuación, se detallan los proyectos seleccionados:

Edificio Bambú de Carabanchel en Madrid

El Edificio Bambú en Madrid, España, se erige como un referente clave en el uso del bambú y sus ventajas como material de construcción. Este edificio residencial, inaugurado en 2007 en el nuevo Ensanche de Carabanchel, es una obra de los arquitectos Alejandro Zaera y Farshid Moussavi del estudio Foreign Office Architects. Su diseño distintivo y su integración de materiales sostenibles lo convierten en un estudio de caso esencial para analizar en relación con la propuesta presente.

El diseño del Edificio Bambú es notable por su estética cúbica y minimalista, que proporciona un contraste visual fuerte con el entorno urbano circundante. Este enfoque no solo mejora el paisaje urbano, sino que también refleja un compromiso con la funcionalidad y la sostenibilidad. El bambú, utilizado como material de acabado principal, no solo embellece la fachada, sino que también cumple funciones prácticas al mejorar el aislamiento térmico del edificio y proporcionar una barrera natural contra los

elementos, lo cual es vital para el confort higrotérmico dentro de las viviendas.

El uso del bambú en el Edificio Bambú destaca por varias razones. Primero, su capacidad de regeneración rápida y su bajo impacto ambiental en comparación con otros materiales de construcción tradicionales como el hormigón o el acero, lo convierten en una opción ecológica ideal. Además, el bambú aporta una estética natural y cálida que puede mejorar significativamente el bienestar de los residentes. También es notable su durabilidad y resistencia, cualidades que lo hacen apto para la construcción en climas variados, incluso en el urbano y a veces adverso clima de Madrid.

La arquitectura del Edificio Bambú también incorpora otros elementos de diseño sostenible, como sistemas de manejo de aguas pluviales y soluciones de sombreado natural, que contribuyen a su eficiencia energética y confort ambiental. Estas características, junto con el uso

innovador del bambú, hacen que el edificio no solo sea un ejemplo de buenas prácticas arquitectónicas, sino también un modelo a

seguir en términos de integración de materiales sostenibles en entornos urbanos (Artealinstante, 2019).

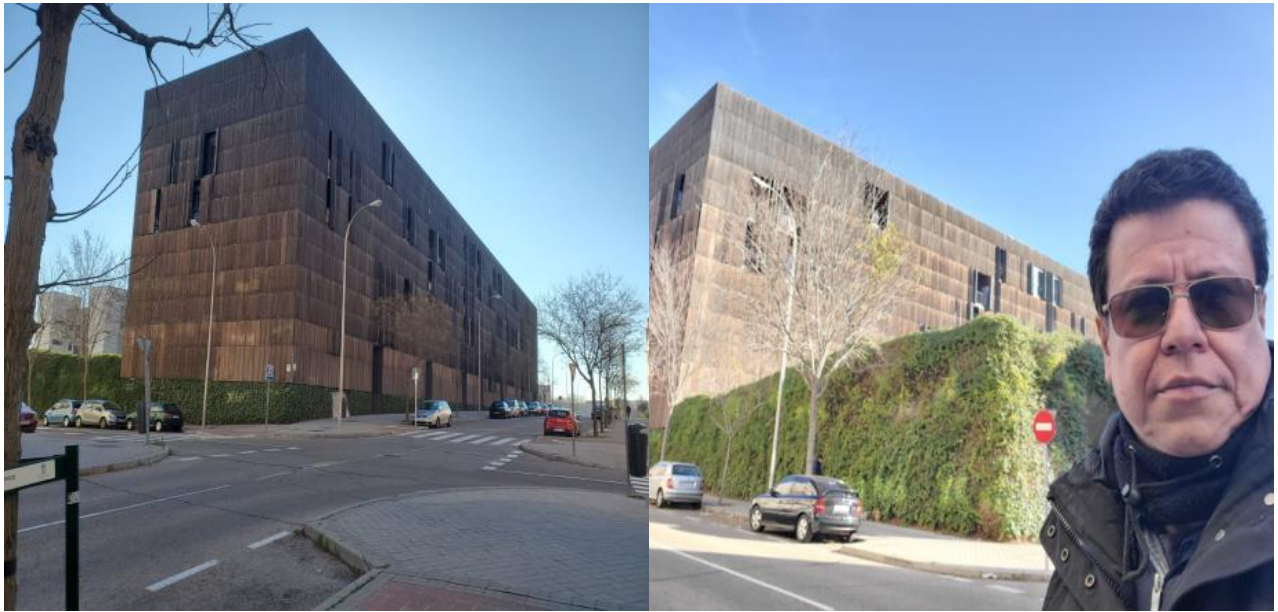
Figura 27. Ubicación georreferencial del Edificio Bambú de Carabanchel en Madrid, España



Es importante destacar que el edificio Bambú o Casa Cubo; como también se le llama, ha sido objeto de diversas opiniones y críticas a lo largo de los años. Algunos la consideran una joya arquitectónica que representa el espíritu de la época en la que fue construida, mientras que otros la ven como un experimento fallido que carece de practicidad. Sin embargo, más allá de las opiniones personales, es innegable el impacto visual y conceptual que este edificio ha tenido en el panorama arquitectónico de la ciudad de Madrid (Figura 28).

Figura 28. Edificio Bambú en Carabanchel – Madrid





Se construye este bloque residencial en el suroeste del distrito de Carabanchel promovido por el Ayuntamiento y promovidas por la Empresa Municipal de la vivienda. Alineado sobre la calle de los Clarinetes, al sur del Parque de las Cruces, el edificio se dispone sobre una compacta huella rectangular que contiene 88 viviendas repartidas en cinco plantas. Constituye una obra arquitectónica singular y arriesgada que desafía las convenciones tradicionales de la arquitectura residencial. Su diseño en forma de cubo rotativo crea una serie de espacios y volúmenes dinámicos, y su integración con el entorno urbano es notable. Aunque plantea interrogantes sobre su funcionalidad a largo plazo, su impacto estético, su contribución al panorama arquitectónico y sus aportes en cuanto a higrortermia hacen de esta obra un referente en el campo de la arquitectura contemporánea (Soler et al., 2017).

El Edificio Bambú o casa Bambú constituye un referente en la construcción con este tipo de material por lo cual fue consecuente realizar una visita in situ donde se constata como una primera impresión desde su perspectiva más lejana, que más que un cubo es un paralelepípedo que pareciera no tener ventanas, de piel cálida y color café, que se le atribuye al efecto del medio ambiente sobre las fibras de la guadúa angustifolia que lo envuelve, dotando al edificio de una belleza paisajística inusual en relación al entorno urbano que lo rodea.

Información Técnica de Arquitectura Viva (2018)

Conocido: Edificio Bambú o Casa Cubo de Carabanchel

Autor: Alejandro Zaera Polo y Farshid Moussavi

Autores Asociados: David Casino, Leo Gallegos, Joaquim Rigau, Caroline Markus, Nerea Calvillo.

Ubicación: Ensanche De Carabanchel 16. Parcela 1.23.1, Calle de los Clarinetes 9, 11, 13, 15, 17,19 y 21 Calle de las Tubas N.º 2, Madrid, España.

Fecha: 2007

Superficie Total: 11.384 m²

Ingeniero de Estructuras: Jesús Hierro

Aparejador: Alfonso Cuenca Sánchez

Ingeniero Eléctrico: FASEVEN

Ingeniero Mecánico: ASETECNIC

Ingeniero de Telecomunicaciones: Raúl Heranz, S.D.C.

Las necesidades funcionales del edificio dieron paso a una tipología edificatoria singular e innovadora con forma de un paralelepípedo rectangular en la parte formal del edificio multifamiliar. El edificio ocupa tan sólo un 38% de la parcela, y deja el resto libre para zonas de juego y vegetación, huyendo también de la habitual fórmula de manzana cerrada (Arquitectura Viva, 2018).

La edificación posee una estructura básica conformada en metal la cual consta de una composición sencilla de viga columnas y correas. Este lugar de transición entre exterior e interior se recubre por una nueva capa conformada por una celosía continua que recubre las cuatro fachadas. Su ritmo homogéneo se rompe por el plegado arbitrario del sistema de apertura en forma de librillo, que los usuarios accionan en función de sus necesidades de soleamiento. Al aproximarnos a la edificación en mención, se pueden identificar dichas contraventanas

articuladas, que pliegan hacia el exterior provocando la ruptura del paralelepípedo y tornándole a la envolvente un dinamismo muy característico, lo que se constituye en amortiguadores térmicos y acústicos que caracterizan la complejidad de la estructura en su conjunto (Figura 29) (Arquitectura Viva, 2018).

Figura 29. Imagen de las contraventanas dispuestas en los balcones sobre la envolvente del Edificio Bambú.

Los muros que cierran los aparcamientos subterráneos son vegetales, recubiertos de hierba, el jardín vertical sustituye así también a los muros de hormigón que hubieran sido la solución habitual. Está totalmente cubierto por una fachada de bambú guadúa angustifolia de diámetro muy pequeño, cuyo objetivo es



además de paisajística, controlar los rayos de sol y de esta manera dotar al edificio de un colchón térmico, visual y acústico, que actúa tanto en el invierno como en el verano a temperaturas extrema (Arquitectura Viva, 2018).

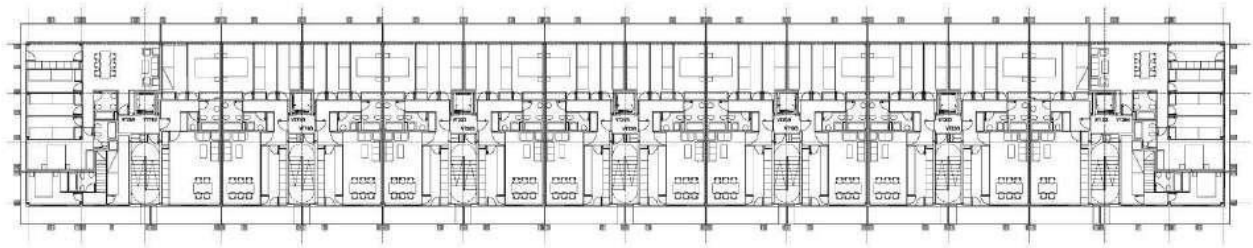
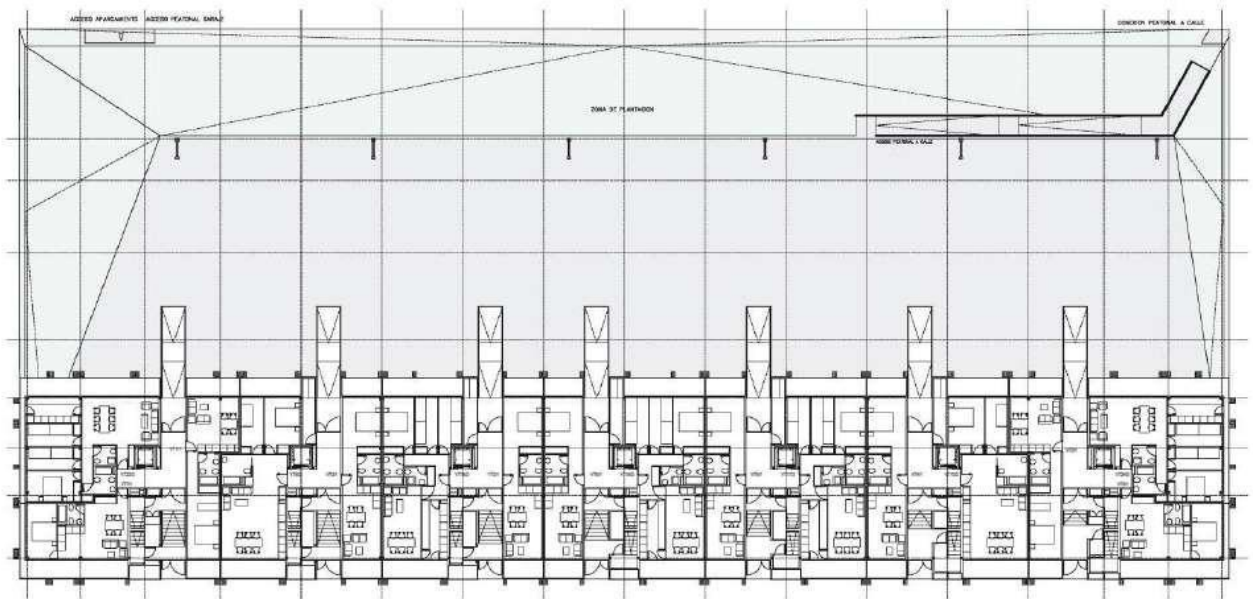
Este innovador uso de materiales naturales y técnicas de diseño bioclimático refleja un compromiso con la sostenibilidad y el bienestar de los usuarios, además de ofrecer un impacto visual y funcional duradero. Este enfoque no solo mejora la eficiencia energética del edificio, sino que también proporciona un entorno más saludable y acogedor, demostrando cómo la arquitectura moderna puede trabajar en armonía con el medio ambiente.

El proyecto se singulariza a través de sus materiales para lograr transmitir la imagen de una edificación realizada con cañas de bambú y elevada sobre un terreno vegetal altamente geometrizado que acoge nuevas actividades.



Para la distribución de las piezas se ha optó por una crujía estrecha que proporciona doble orientación, lo cual multiplica el número de núcleos de comunicación vertical hasta configurar siete portales en su fachada oeste. Las viviendas presentan un programa que abarca distintas soluciones, de uno a cuatro dormitorios, agrupadas en diez tipos diferentes (Figura 30) (Arquitectura Viva, 2018).

Figura 30. Planos arquitectónicos del edificio Carabanchel

Planta tipo *Type plan*Planta baja *Ground floor*

Las viviendas están diseñadas en diez configuraciones distintas, ofreciendo soluciones que van desde uno hasta cuatro dormitorios. Cada diseño busca alcanzar una doble orientación, lo cual optimiza la distribución de los espacios interiores y maximiza el aprovechamiento de la luz natural. A pesar de su tamaño compacto, estas unidades habitacionales están equipadas con todas las comodidades modernas, incluyendo terrazas de 1.50 metros de ancho en las





fachadas este y oeste, así como balcones de 0.50 metros en las fachadas norte y sur. Estas características arquitectónicas no solo enriquecen la experiencia de vivienda, sino que también facilitan una ventilación cruzada efectiva, esencial para mantener los interiores frescos durante el caluroso verano madrileño. El diseño exterior e interior de las viviendas da prioridad al uso de materiales naturales, reflejando un compromiso con el bioclimatismo (Figura 31). Este enfoque no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental del proyecto, sino que también asegura un entorno de vida saludable y

armonioso para sus residentes (Artealinstante, 2019).

Figura 31. Cámara acústica y térmica provocada entre la envolvente de caña angustifolia y la fachada interna de las viviendas

La superficie residencial se prolonga más allá de este límite para configurar una sucesión de terrazas que rodean perimetralmente el edificio. Alcanzando un ancho de metro y medio en las fachadas longitudinales, están constituidas por perfiles metálicos y particiones de tabloncillos de madera que compartimentan el espacio entre las viviendas, evitando su continuidad. Esta piel practicable se compone de piezas de estructura metálica que enmarcan un cañizo de bambú. Su

capacidad de graduación permite también el control de las vistas, sirviendo de colchón térmico y acústico que mitigue las inclemencias climáticas (Arquitectura Viva, 2018).

El edificio se erige sobre un basamento que contiene las plazas de aparcamiento, los trasteros y las instalaciones técnicas. La fachada de este nivel inferior está concebida con un muro ecológico revestido de vegetación, que no solo mejora estéticamente el entorno, sino que también contribuye a la sostenibilidad del conjunto arquitectónico.

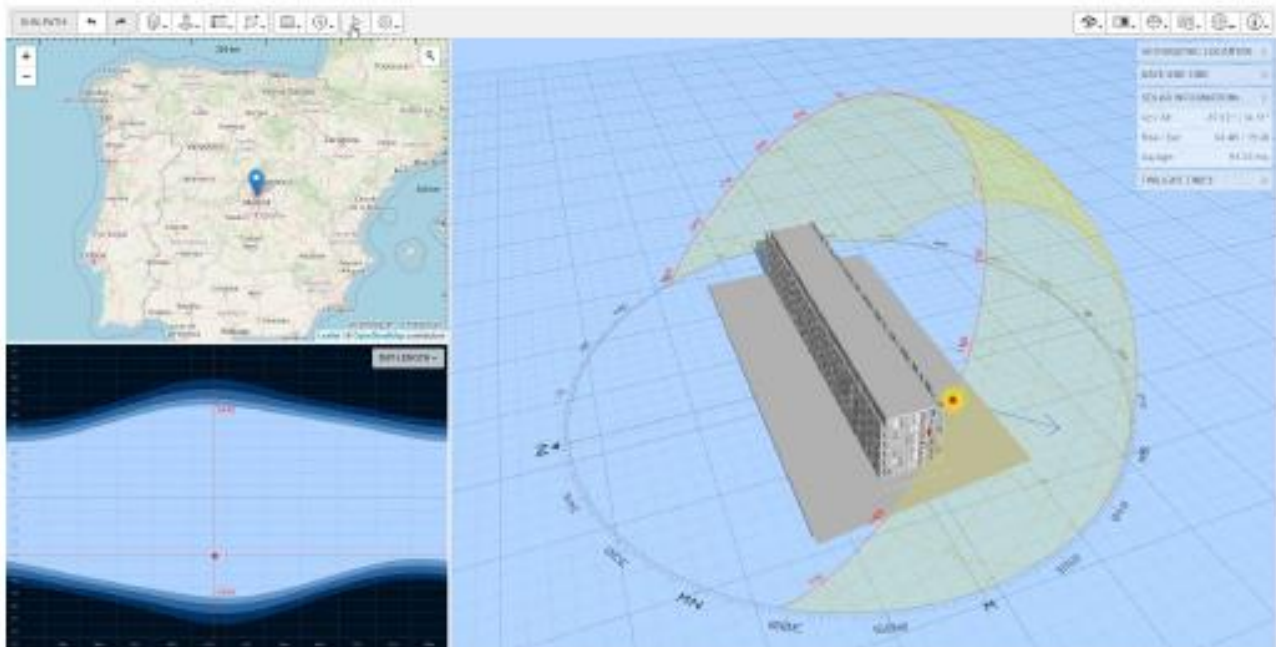


La cubierta del basamento está diseñada para funcionar como una plaza pública, enriquecida con áreas ajardinadas que invitan al esparcimiento y al juego. Esta azotea verde está accesible mediante una rampa peatonal que conecta directamente con la calle de las Tubas, facilitando así un flujo natural y continuo entre el espacio público urbano y el edificio. Esta integración de áreas verdes y espacios de uso comunitario no solo enaltece la funcionalidad del edificio, sino que también promueve la interacción social y el bienestar de los residentes (Arquitectura Viva, 2018).

La estructura de la construcción se resuelve mediante forjados de hormigón y pilares metálicos que salvan los 6,60 metros de luz, reduciendo sus secciones para incrementar las superficies útiles de las viviendas. El cerramiento de los espacios vivideros en fachada se resuelve con superficies de vidrio soportadas por carpinterías correderas y paneles de aluminio (Arquitectura Viva, 2018).

Todo está orientado en esta arquitectura hacia la imagen de lo sostenible, de las nuevas soluciones que permiten materiales más naturales. La distribución de la Casa Bambú es de concepto abierto, con espacios fluidos y sin divisiones excesivas. El diseño busca aprovechar al máximo la entrada de luz natural, utilizando grandes ventanales, tragaluces o claraboyas estratégicamente ubicados (Figura 32). Esto crea un ambiente luminoso y conectado con el entorno natural circundante.

Figura 32. Análisis del edificio Carabanchel



La materialidad arquitectónica de la Casa Cubo de Carabanchel se caracteriza por el uso de materiales modernos y contemporáneos que se adaptan a su diseño innovador y vanguardista, sumado a elementos naturales que se combinan para hacer de la edificación un ejemplo de bioclimatismo sustentable. Los principales materiales utilizados en la construcción de este edificio son el hormigón, el vidrio, tubos de acero cuadrado, correas G metálicas y el material estrella que determina el valor de su estructura, el bambú gradúa angustifolia (Arquitectura Viva, 2018).

En relación con los criterios climáticos adoptados en el diseño del edificio, todas las viviendas disponen de fachadas en ambos lados del bloque, facilitando una ventilación cruzada que resulta esencial para sobrellevar los calurosos veranos de Madrid. Este diseño promueve no solo un ambiente más fresco y agradable, sino también una mayor eficiencia energética al reducir la necesidad de climatización artificial. Tanto en el interior de las viviendas como en sus exteriores, se ha priorizado el uso de materiales naturales.

Estos materiales no solo se integran armoniosamente con el entorno, sino que también poseen propiedades que permiten modular las vistas y ofrecen un aislamiento efectivo. Funcionan como un colchón térmico y acústico que mitiga las variaciones climáticas y reduce la contaminación sonora, asegurando así un mayor confort para los residentes durante todo el año. (Arquitectura Viva, 2018).

Considerando el aspecto formal del Edificio Bambú de Carabanchel, su envolvente se destaca por estar cubierta casi en su totalidad con paneles de bambú (Figura 33). Estos paneles no sólo son un elemento estético clave, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y eficiencia energética del edificio. Están meticulosamente ensamblados de manera simultánea y firmemente anclados a una malla de acero galvanizado expandido, lo que garantiza su durabilidad y resistencia ante las condiciones climáticas adversas.

Esta malla de acero no solo proporciona soporte estructural a los paneles de bambú, sino que también facilita la integración de sistemas de aislamiento y ventilación entre la fachada y la estructura principal del edificio. Este diseño inteligente permite que el bambú actúe como un filtro natural de luz y aire, mejorando el confort térmico y la calidad del aire interior sin comprometer la seguridad o estabilidad estructural.

Figura 33. Panel de bambú con rejilla de metal

La elección del bambú como material predominante refleja un compromiso con prácticas de construcción ecológicas, al ser una materia prima rápida de regenerar y con una huella de carbono significativamente menor en comparación con otros materiales de construcción tradicionales. Además, el aspecto visual del bambú añade una textura y calidez únicas a la fachada del edificio, enriqueciendo su conexión con el entorno natural y la comunidad local.

Este enfoque no solo mejora la eficiencia energética del edificio a través de la reducción de la necesidad de climatización artificial, sino que también

establece un nuevo estándar en el diseño de edificaciones sostenibles y estéticamente agradables, mostrando cómo la innovación en materiales y técnicas de construcción pueden coexistir armoniosamente en el contexto urbano moderno.

La envolvente arquitectónica del Edificio Bambú de Carabanchel se refiere a los elementos que conforman su piel exterior, es decir, las fachadas y cubiertas del edificio (Figura 34). Estos elementos juegan un papel crucial en términos de protección, aislamiento térmico y acústico, así como en la expresión estética y la relación con el entorno urbano (Vivir en un edificio de bambú en plena ciudad 2020).

Figura 34. Proceso constructivo del edificio Carabanchel

Las fachadas están compuestas principalmente por paneles de hormigón armado, que conforman las paredes exteriores del edificio. Estos paneles se unen para crear una superficie continua que define la forma cúbica del edificio. El hormigón utilizado puede tener diferentes acabados, como superficies lisas o texturizadas, dependiendo de la intención estética del diseño. Estos paneles de hormigón proporcionan resistencia y estabilidad estructural al edificio (Vivir en un edificio de bambú en plena ciudad 2020).

En cuanto a las aberturas, el edificio como ya habíamos mencionado

anteriormente en su forma presenta ventanas y huecos estratégicamente ubicados en las fachadas. Estas aberturas están revestidas con vidrio, que puede ser transparente, translúcido o incluso tener algún tratamiento para el control solar. El vidrio utilizado en las ventanas permite la entrada de luz natural a los espacios interiores, mejora la ventilación y crea una conexión visual entre el interior y el exterior. Además, contribuye a la imagen moderna y contemporánea del edificio (Vivir en un edificio de bambú en plena ciudad 2020).

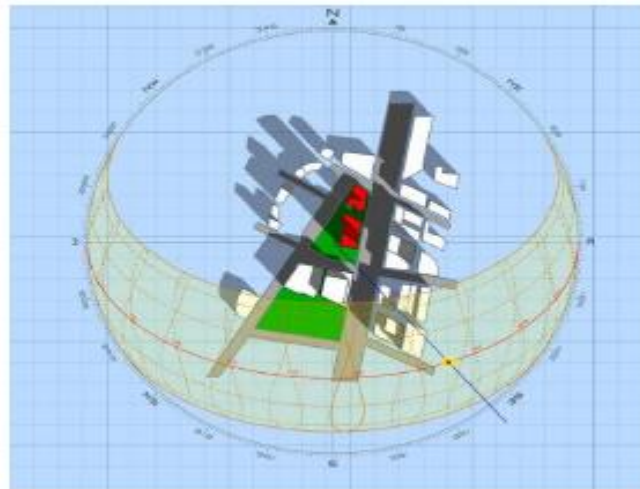
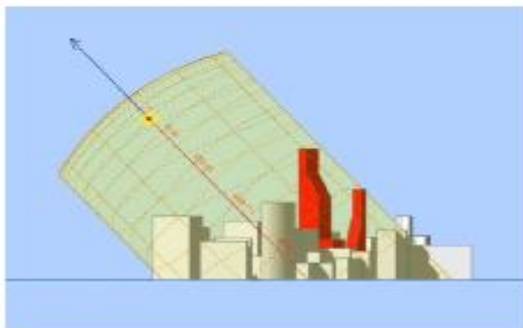
En términos de cubierta, generalmente cuenta con una superficie

plana. Está cubierta plana puede es utilizada como una terraza accesible para los residentes, brindando un espacio adicional para actividades al aire libre y vistas panorámicas de los alrededores. Es importante destacar que la envolvente arquitectónica de la Casa Cubo está diseñada para cumplir con los requisitos de aislamiento térmico y acústico, garantizando el confort interior de los espacios habitables. Los materiales utilizados y el diseño de la envolvente se seleccionan cuidadosamente para minimizar la pérdida de calor o frío, así como para reducir la transmisión de ruido del exterior (Viva, 2018).

La incidencia del sol en la Casa Cubo de Carabanchel puede variar dependiendo de la ubicación específica de las aberturas y fachadas del edificio, así como de la orientación de estas en relación con el sol.

La incidencia del sol depende de la ubicación y orientación de las aberturas y fachadas del edificio (Figura 35). Su diseño está pensado para aprovechar la luz natural y la energía solar, brindando una iluminación agradable en los espacios interiores y el control de la temperatura proporcionando una sensación térmica adecuada (Viva, 2018).

Figura 35. Recorrido que hace el sol a lo largo del día sobre el Edificio Bambú de Carabanchel



de Carabanchel se pudo evidenciar a través de mediciones realizadas con instrumentos calibrados de la temperatura ambiente en el mes de enero se obtuvo un valor de 4º C para

temperatura interior, evidenciando una diferencia térmica de 8º C .

Aunque no fue posible cuantificar directamente el confort térmico de los

ocupantes, las mediciones térmicas realizadas permitieron identificar la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del cubo. Los datos obtenidos indican que la envolvente proporciona condiciones higrotérmicas favorables para sus habitantes, especialmente durante las bajas temperaturas ambientales. En verano, este efecto se invierte: el revestimiento de bambú funciona eficazmente como un regulador térmico, generando temperaturas interiores significativamente más bajas que las exteriores, con una diferencia media de 8° C. Este fenómeno no solo subraya las propiedades del bambú como material envolvente, sino que también refuerza su eficacia en la mejora del confort higrotérmico dentro de la estructura.

La arquitectura de la Casa Bambú apunta a la sostenibilidad mediante un evidente empleo de materiales naturales utilizados como recurso de la envolvente.

ZERI Pavilion

El Pabellón ZERI, diseñado por el reconocido arquitecto colombiano Simón Vélez para la Expo Mundial de Hannover en el año 2000, se ha consolidado como una

obra emblemática en el uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna.

Este proyecto no solo demostró las posibilidades estructurales del bambú guadúa, sino que también resaltó su potencial como un material bioclimático, capaz de mantener un ambiente interior fresco y bien ventilado, ideal para las condiciones climáticas de Hannover durante la exposición.

El diseño innovador del Pabellón ZERI aprovechó la natural capacidad térmica de la guadúa para ofrecer soluciones sostenibles y eficientes en el manejo de los recursos energéticos. Este enfoque no solo aseguró un confort ambiental dentro del pabellón, sino que también sirvió como un escaparate internacional para promover la guadúa como un recurso viable y sostenible en la construcción a gran escala. Al integrar técnicas que optimizaron la ventilación natural y minimizaron el uso de recursos no renovables, el pabellón estableció un precedente significativo en la construcción bioclimática.

La relevancia de la guadúa como material sostenible se manifiesta en su

capacidad para absorber dióxido de carbono a un ritmo mucho mayor que los árboles tradicionales de crecimiento lento. Esta característica, junto con su resistencia mecánica comparable a la del acero, le ha valido el apodo de "Acero Vegetal". Estas propiedades hacen de la guadúa una elección excepcional para proyectos de construcción sostenible, ya que no solo contribuye a la reducción de la huella de carbono, sino que también ofrece una alternativa robusta y estéticamente agradable a los materiales de construcción convencionales.

El Pabellón ZERI no solo fue un triunfo arquitectónico por su diseño y aplicación práctica de principios sostenibles, sino que también se convirtió en una plataforma influyente para la discusión global sobre sostenibilidad, innovación en materiales de construcción y el futuro del diseño arquitectónico en armonía con el medio ambiente.

Introducción a Simón Vélez como pionero en el uso de guadúa en la arquitectura moderna

Simón Vélez, arquitecto colombiano, es reconocido internacionalmente como un pionero en el uso de la guadúa, un tipo de bambú nativo de Colombia, en la arquitectura moderna. Su enfoque innovador ha revolucionado la percepción de este material tradicional, transformándolo en un componente vital para la construcción sostenible. El Pabellón ZERI, diseñado para la Expo Mundial de Hannover en 2000, es una de sus obras más emblemáticas, que no solo exhibió las propiedades estructurales únicas de la guadúa sino también su viabilidad como una solución bioclimática eficaz.

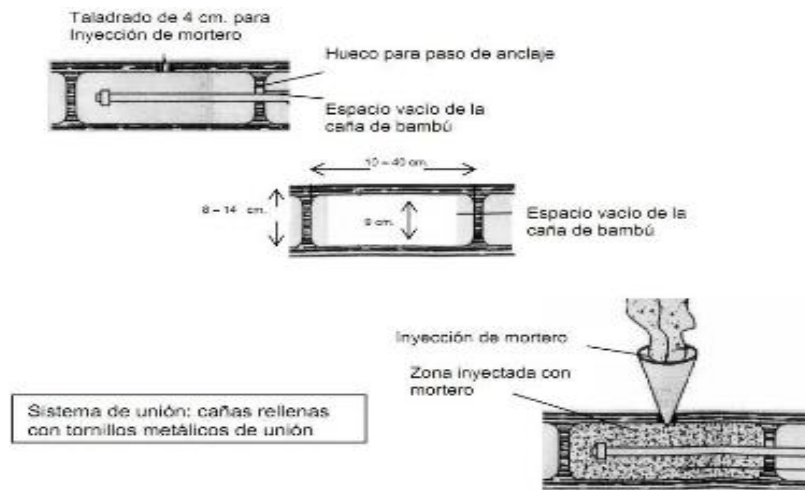
Descripción de sus contribuciones al campo y los avances técnicos que realizó con la guadúa

La contribución de Vélez al campo de la arquitectura sostenible se extiende más allá de la simple utilización de materiales naturales; él ha integrado técnicas innovadoras que han permitido que la guadúa sea considerada a la par de materiales convencionales como el acero y el hormigón. En el proceso de diseño del Pabellón ZERI, Vélez utilizó una técnica pionera que involucraba el relleno de los entrenudos de la guadúa con hormigón y la fijación mediante pernos (Figura 36), lo cual

proporcionó a la estructura una resistencia y estabilidad notables, equiparables a las de

los materiales de construcción más tradicionales.

Figura 36. Esquema de relleno en entrenudos para uniones creado por Simón Vélez



Este enfoque no solo mejoró la capacidad mecánica de la guadúa, permitiendo su uso en estructuras de gran envergadura, sino que también marcó un hito en su carrera, posicionando la guadúa no solo como un material estético o temporal, sino como una opción permanente y estructuralmente competente. La implementación de estas técnicas innovadoras ha influenciado a una generación de ingenieros y arquitectos a reconsiderar materiales naturales y sostenibles en sus diseños arquitectónicos, promoviendo así un cambio hacia prácticas de construcción más verdes globalmente.

A partir de ese descubrimiento, ha ido desarrollando otros estudios con respecto a las conexiones estructurales, que le han permitido la construcción de grandes obras inclusive en sistemas constructivos mixtos con hormigón, ya que, con un manejo adecuado de ellas, se logra explotar al máximo el potencial que ofrece mecánicamente éste material (Figura 37). El método de Simón Vélez es utilizado por ingenieros y arquitectos estudiosos de los beneficios de la caña guadúa, como es el caso del proyecto: Viviendas Bioclimáticas Sostenibles de Bambú de INBAR-MIDUVI en el Ecuador.

Figura 37. Método de Simón Vélez aplicado a la Proyecto Ciudades ODS. Ecuador



El legado de Simón Vélez, destacado por el éxito del Pabellón ZERI, continúa inspirando proyectos en todo el mundo, demostrando que es posible alinear la innovación arquitectónica con las prácticas de sostenibilidad sin comprometer la funcionalidad o la estética. Su trabajo no solo ha transformado la industria de la construcción en Colombia, sino que también ha establecido un precedente importante para el uso del bambú en la arquitectura moderna a nivel internacional.

Obtener la licencia de construcción para el Pabellón ZERI fue un desafío considerable, dado que implicaba la aprobación de un material poco convencional como la guadúa bajo las estrictas normativas de construcción alemanas. Vélez y su equipo tuvieron que demostrar no solo la viabilidad del diseño sino también la seguridad estructural y la conformidad ambiental del proyecto. Esto incluyó una serie de pruebas y estudios de laboratorio, realizados por el Instituto Alemán de Prueba de Materiales de Construcción Civil de Stuttgart, que validaron las propiedades mecánicas de la guadúa, proporcionando datos cruciales para obtener las aprobaciones necesarias.

Los ensayos mostraron que la guadúa, especialmente tratada y preparada según los métodos desarrollados por Vélez, cumplía o superaba los requerimientos de resistencia y durabilidad necesarios para una estructura pública de gran escala. Estos

resultados ayudaron significativamente en el proceso de aprobación por parte de las autoridades alemanas, quienes finalmente otorgaron la licencia de construcción tras asegurarse de que el diseño cumplía con todas las normativas de seguridad,

sostenibilidad y eficiencia energética requeridas.

Además de demostrar la seguridad estructural de la guadúa, Vélez y su equipo necesitaron adaptar el diseño del pabellón para cumplir con otras normativas específicas alemanas relacionadas con la sostenibilidad y el impacto ambiental. Esto incluyó la integración de sistemas de ventilación natural que minimizaban el uso de energía para calefacción y refrigeración, alineándose con los principios de construcción bioclimática que son valorados en Alemania.

En la construcción del Pabellón ZERI para la Expo Mundial de Hannover en el año 2000, se llevaron a cabo ensayos detallados para demostrar las capacidades mecánicas de la guadúa, una variedad de bambú utilizada extensivamente por Simón Vélez. Estos ensayos fueron realizados por el Instituto Alemán de Prueba de Materiales de Construcción Civil de Stuttgart en 1999, enfocándose en la guadúa angustifolia, variedad "macana" procedente de la zona cafetera colombiana.

Los ensayos incluyeron pruebas de compresión, tensión, flexión, y cortante. Estos tests buscaron medir las propiedades estructurales del bambú bajo diferentes tipos de cargas y situaciones, ofreciendo así un perfil completo de su comportamiento y resistencia mecánica.

Etapas de la construcción del Pabellón ZERI

La construcción del Pabellón ZERI, diseñado por Simón Vélez, fue un proyecto complejo que se llevó a cabo en varias etapas clave, cada una con sus propios desafíos y metodologías innovadoras. A continuación, se detalla el proceso constructivo desde las excavaciones y cimentaciones hasta los acabados finales:

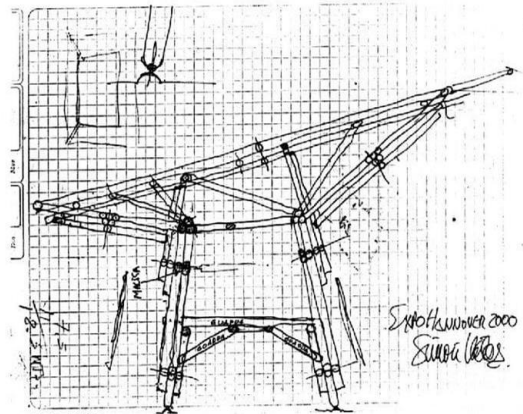
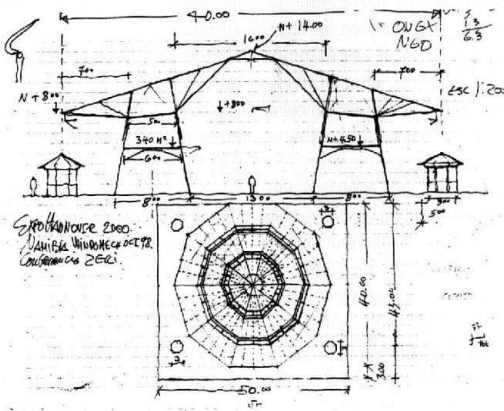
ETAPA 1: Excavaciones y Cimentaciones

El proceso comenzó con la preparación del terreno, lo que incluyó excavaciones profundas realizadas por un equipo especializado de trabajadores alemanes. La cimentación se diseñó meticulosamente para soportar no solo el peso de la estructura, sino también para resistir cargas dinámicas y estáticas, además

de condiciones climáticas adversas y actividad sísmica potencial.

Uno de los principales desafíos en esta etapa fue asegurar una base sólida que pudiera soportar la estructura inusual del

Figura 38. Bocetos del Pabellón ZERI



ETAPA 2: Andamiaje y Preparación de Materiales

Esta etapa implicó el montaje de andamios y la marcación precisa de elevaciones para la instalación adecuada de los anillos de guadúa. Además, se trató y dimensionó el aliso para su integración en la estructura.

Alinear precisamente los componentes estructurales según las especificaciones de diseño exactas representó un desafío, dado el comportamiento y las propiedades únicas de la guadúa como material de construcción.

pabellón, especialmente dado el uso predominante de guadúa, un material menos convencional en el contexto de la normativa europea de construcción (Figura 38).

Figura 39. Andamiaje – establecimiento de marcas de elevación – instalación de anillos de guadúa – preparación de aliso.



del techo para asegurar que pudiera soportar las condiciones ambientales como el viento y la lluvia.

La integración de materiales tradicionales y no tradicionales, como el hierro y la guadúa, necesitó ajustes en el lugar para garantizar la estabilidad y la seguridad estructural.

ETAPA 3: Instalación de Columnas y Refuerzo del Techo

Se instalaron columnas robustas de guadúa, reforzadas con anillos de soporte, y se llevó a cabo un reforzamiento adicional

Figura 40. Instalación de columnas y anillos de soporte de guadúa – refuerzo del techo.



ETAPA 4: Construcción de Estructuras de Soporte

Se construyeron tijerales, vigas y soportes diagonales, elementos clave para la distribución uniforme de las cargas y para proporcionar una resistencia adicional contra fuerzas laterales.

El manejo y la colocación precisos de la guadúa, un material orgánico con variaciones naturales, requirieron una atención meticulosa a los detalles técnicos y ajustes constantes durante la construcción.

Figura 41. Construcción de tijerales, vigas y soporte diagonal.

representó un desafío logístico y técnico importante.

Figura 42. Refuerzo del suelo



ETAPA 5: Refuerzo del Suelo

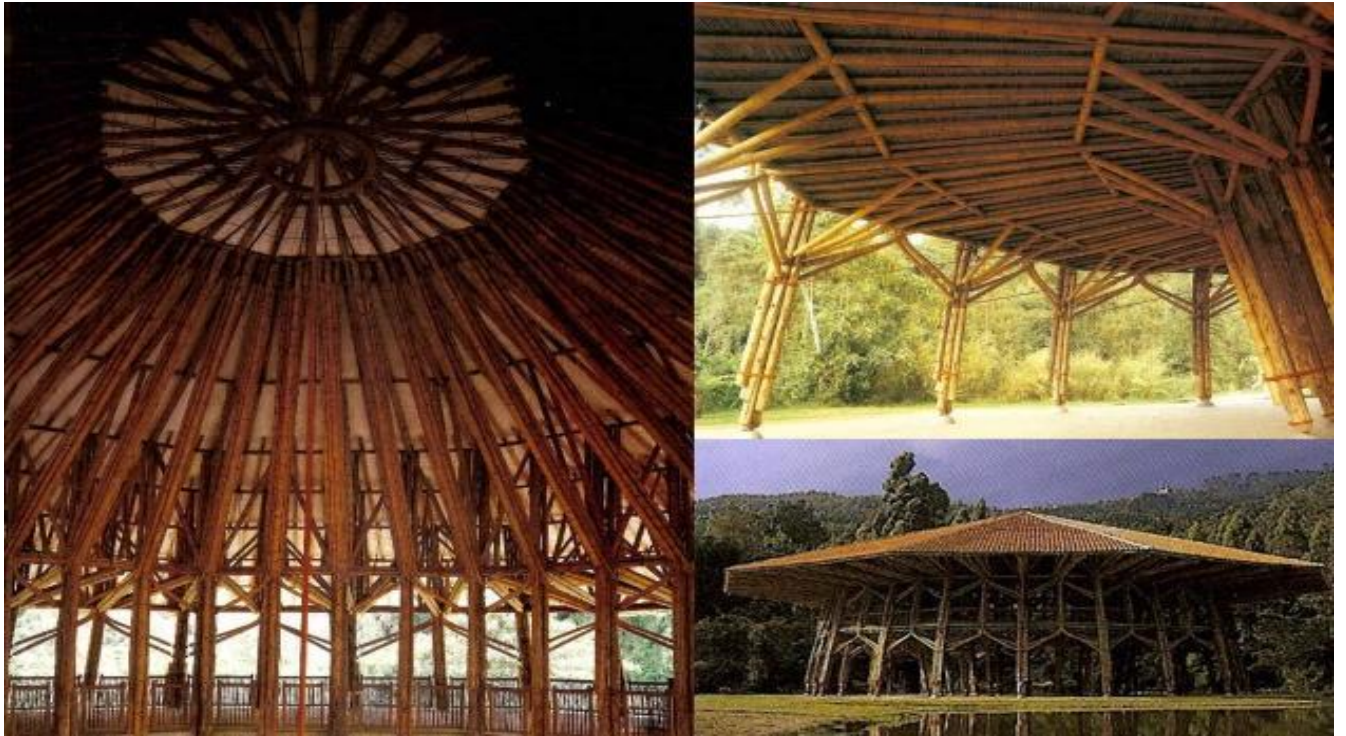
Se utilizó una técnica innovadora que entrelazaba arboloco, chusque, hierro y concreto, proporcionando una base firme y estable para el pavimento y contribuyendo a la estética natural del interior.

Combinar estos materiales y asegurar una integración efectiva dentro de los estándares de construcción sostenible

ETAPA 6: Acabados

Los acabados finales incluyeron desde la instalación de superficies hasta la implementación de elementos decorativos y funcionales que reflejaban la visión artística del diseño original.

Lograr una armonía estética entre los materiales naturales y manufacturados y mantener al mismo tiempo los principios de sostenibilidad y funcionalidad fueron desafíos cruciales en esta última etapa.

Figura 43. Circularidad Inclusiva del Pabellón ZERI

Cada una de estas etapas fue crucial para transformar los bocetos iniciales en una estructura física que no solo cumplió con los requisitos de diseño y funcionalidad, sino que también respetó los principios de sostenibilidad y la visión innovadora de la arquitectura bioclimática de Simón Vélez.

El Pabellón ZERI, diseñado por Simón Vélez para la Expo Mundial de Hannover en 2000, sirvió no solo como una muestra de la belleza y utilidad de la guadúa, sino también como un destacado ejemplo de cómo este material puede ser aplicado en la construcción sostenible y bioclimática. Utilizando guadúa, un tipo de bambú nativo de Colombia, Vélez demostró que es posible crear estructuras grandes y complejas que no solo son estables y duraderas, sino también ambientalmente responsables.

El diseño del Pabellón ZERI aprovechó las propiedades intrínsecas de la guadúa para crear un ambiente interior que permaneciera fresco y ventilado sin depender excesivamente de sistemas mecánicos de climatización, lo que es crucial para la sostenibilidad. Las pruebas realizadas en laboratorios, como los del Instituto Alemán de Prueba de Materiales de

Construcción Civil de Stuttgart, validaron la resistencia mecánica de la guadúa, comparándola favorablemente con materiales tradicionales como el acero, al que empezó a llamarse "Acero Vegetal" debido a su formidable resistencia y flexibilidad.

Figura 44. Pabellón ZERI



El uso de la guadúa en el Pabellón ZERI también subrayó la importancia de la adaptabilidad y la innovación en la arquitectura sostenible. Al incorporar métodos de construcción que reducen la huella de carbono y maximizan el uso de recursos naturales y renovables, este proyecto ha establecido un precedente para futuras iniciativas de construcción verde.

El éxito del Pabellón ZERI ha motivado a otros a explorar y adoptar la guadúa y otros materiales similares en sus propios proyectos, extendiendo su impacto desde pequeñas construcciones residenciales hasta grandes proyectos comerciales y públicos en todo el mundo.

Además, ha reforzado el interés en estudios adicionales sobre la capacidad de la guadúa y otros materiales naturales para cumplir o superar los estándares de construcción tradicionales.

El Pabellón ZERI es una prueba de que es posible construir de manera sostenible sin

sacrificar la belleza o la funcionalidad. Esta obra ha inspirado a una generación de arquitectos y diseñadores a reconsiderar materiales naturales y tradicionales en sus proyectos, impulsando un cambio hacia prácticas de construcción que priorizan el impacto ambiental y la sostenibilidad a largo plazo. Su influencia se extiende por múltiples continentes, donde Vélez ha seguido promoviendo y desarrollando construcciones innovadoras que utilizan guadúa.

Gunter Pauli, quien comentó sobre el pabellón, destacó su simbolismo y el mensaje profundo que ofrece: "El Pabellón ZERI es un rico símbolo que ofrece un mensaje, que va más allá del mero edificio en sí. El Pabellón ZERI ofrece una serie de símbolos al mundo." Esta afirmación subraya cómo el pabellón no solo es una estructura, sino un manifiesto de posibilidades sostenibles.

Profesionales que participaron en el proyecto y observadores han reconocido el Pabellón ZERI como un modelo de cómo los principios de diseño sostenible pueden ser incorporados eficazmente en proyectos a gran escala. La utilización de la guadúa,

específicamente, ha sido elogiada por su capacidad para integrar funcionalidad, estética y responsabilidad ecológica en un solo diseño.

El Pabellón ZERI, más allá de fortalecer la carrera de Simón Vélez, ha marcado un hito en la arquitectura sostenible a nivel mundial. Este proyecto, destacado por su estructura integral de guadúa, demostró las posibilidades estéticas y funcionales de los materiales naturales y renovables, alineándose con principios de sostenibilidad y bajo impacto ambiental. Su diseño innovador no solo respondió a criterios de funcionalidad y belleza, sino que también instauró un modelo de construcción que maximiza la eficiencia energética y minimiza los residuos. Esta obra ha servido de inspiración para una nueva generación de arquitectos y diseñadores enfocados en la integración de técnicas tradicionales y recursos autóctonos con tecnologías modernas de construcción sostenible.

Markus Heinsdorff (Alemania) - El diseñador alemán Markus Heinsdorff es conocido por su capacidad para fusionar arte y arquitectura en instalaciones que no solo capturan la imaginación, sino que también

promueven la sostenibilidad. Su proyecto "Pavilion Made of Bamboo" es una manifestación ejemplar de esta filosofía, donde utilizó la guadúa, un tipo de bambú, como el principal material de construcción (Figura 45). Este pabellón ha sido exhibido en varios países, incluyendo prominencias en China e India, donde resonó bien con las tradiciones locales de construcción en bambú.

El diseño del pabellón destacaba por su estética ligera y aireada, una característica que no solo contribuye visualmente al entorno, sino que también maximiza el uso de luz natural, reduciendo la necesidad de iluminación artificial. Esta característica, junto con la propia naturaleza térmica del bambú, que actúa como un regulador natural

de la temperatura, mejora el confort térmico dentro del pabellón sin depender en gran medida de los sistemas de calefacción o refrigeración mecánicos. Esto no solo es un testimonio de la eficiencia energética del diseño, sino también de su bajo impacto ambiental.

Figura 45. Pavilion Made of Bamboo



La catedral del Bambú

John Hardy es un diseñador y activista del medio ambiente que se ha especializado en construcciones sostenibles utilizando bambú como material principal, promoviendo así prácticas de construcción ecológicas y sustentables en Indonesia y más allá. “La catedral del Bambú” es una fábrica de chocolates constituida por una estructura de aproximadamente 2200 m² y tres plantas, Benjamín Ripple uno de los artífices de este

proyecto, indica que eligió el bambú por su bajo costo, por la presencia abundante del material en la zona y por sus características estructurales (Figura 46). Fue construida en medio de arrozales y palmeras con un cuidadoso diseño para que se integre, sin desentonar, en el entorno natural que le rodea. Fueron necesarias alrededor de 3000 cañas de bambú algunas de ellas de hasta 20 metros de longitud (ecohabitar, 2020).

Figura 46. La catedral de Bambú, Ciudad de Bali en la isla de Indonesia

El diseño ha respetado la filosofía de la fábrica hasta en los más pequeños detalles: los marcos de las ventanas, los pomos de las puertas y los pasamanos de las escaleras también están elaborados con bambú. Para asegurar los cimientos, las cañas se clavan hasta más de un metro y medio de profundidad en la tierra y se rellenan de cemento para aumentar su resistencia; los espacios libres entre ellas están cubiertos con conglomerado de cáscara de coco, que actúa como aislante en el húmedo clima tropical indonesio. La luminosidad destaca en el interior de las instalaciones, producto de grandes ventanas y una claraboya en el techo, al igual que los centenares de cañas en pilares y columnas

que se cruzan con simetría perfecta y recuerdan el interior del casco de una goleta de madera. Las incontables ventajas de esta planta han provocado en Bali el brote de edificaciones de bambú como hoteles de lujo e incluso la fundación de "Green School", un exclusivo colegio internacional con 275 estudiantes.

Durante la construcción la primera prueba la superó cuando aun estando en construcción quedó intacto tras un terremoto de 6 grados de magnitud, el mismo que arrasó con muchas edificaciones cercanas. Experiencia que coincide con la evidenciada tras el terremoto del 16 de abril de 2016 en Manabí, Ecuador donde las viviendas construidas en su totalidad de caña

guadúa o que tenían estructuras de la envolvente fueron más resistentes a los 7. 8º de magnitud en la escala de Richter. Lo que evidencia una vez más su potencial como material de construcción bioclimático.

En Latinoamérica, la guadúa sigue siendo un elemento central en la arquitectura bioclimática, particularmente en países como Colombia, Ecuador y Perú. Proyectos residenciales y turísticos han adoptado la guadúa por su bajo impacto ambiental y su contribución a la estética natural y orgánica de las construcciones. Un

2.2.2 Referentes arquitectónicos nacionales (Ecuador)

Los proyectos seleccionados para esta investigación destacan por su excepcional uso de materiales nativos y su habilidad para integrarse de manera orgánica tanto en el paisaje natural como en el tejido social. Estas obras no solo cumplen con requisitos funcionales y estéticos, sino que también fomentan una comprensión más rica de la identidad local y exploran el potencial de los recursos naturales para la creación de espacios sostenibles y resonantes culturalmente.

En este estudio, se examinarán proyectos que van desde edificaciones

ejemplo notable es el "Ecoaldea Atlántida" en Colombia, un proyecto de viviendas ecológicas que integra la guadúa de manera prominente, no solo como material estructural, sino también como elemento decorativo. Estas construcciones resaltan la eficiencia energética y el confort térmico, aprovechando la ventilación natural y la regulación térmica proporcionada por la guadúa y otros materiales naturales.

públicas hasta intervenciones urbanísticas menores, cada uno mostrando cómo la caña guadúa puede ser transformada en elementos estructurales y decorativos que reflejan tanto la modernidad como la tradición.

A través de estos ejemplos, la tesis pretende demostrar cómo la envolvente de caña guadúa en la vivienda urbana contemporánea no solo es viable, sino que también es fundamental para avanzar hacia un modelo de desarrollo urbano que sea sostenible, resiliente y profundamente enraizado en la cultura ecuatoriana.

Complejo Cultural Las Gilces, Manabí.

El complejo Cultural Las Gilces se encuentra enclavado en la comunidad que lleva el mismo nombre perteneciente al cantón Portoviejo de la Provincia de Manabí. Es una edificación en caña guadúa angustifolia donde se conjugan diversas formas producto de las intersecciones de las esbeltas cañas rollizas que terminan por formar una envolvente con un especial atractivo visual (Figura 47).

Fue diseñado por las arquitectas alemanas Jasmin Auda, Miriam Rieke y Sarah Mohrmann construido con voluntarios de la comunidad. Se encuentra emplazado en un terreno que no posee adosamientos lo que permite que el aire circule por toda su parte perimetral. Está estructurado en dos plantas sobre pilotes de hormigón armado, cuyo objetivo es alejar la estructura de caña del suelo evitando que la humedad la pueda

afectar. Su envolvente en caña guadúa se encuentra picada y cortada de manera entretrejida, y en algunos lugares existen cuadrantes donde la caña está seccionada en anillos que permiten el intercambio de luz y aire con el exterior.

Figura 47. Centro cultural Las Gilces, Manabí – Ecuador



La estructura principal está conformada por columnas de cepa en número de cuatro para formar un pilar monolítico con pernos pasantes que se constituyen en los soportes más importantes de la edificación.

La cubierta se levanta con una inclinación de 45° simulando un saludo hacia la comunidad que se orienta hacia la parte norte geográfica, con una enriquecida estructura de caña rolliza en voladizos que ejercen un contrapeso para equilibrar el ascenso hacia el segundo nivel provocado por graderíos soportados por las cepas de la caña y recubiertos por la caña guadúa tipo duela, que son empleadas como espacios de tribuna para espectar lo que frente al centro cultural acontece en especiales momentos de reunión.

En cuanto a su aporte al confort higrotérmico en planta baja los espacios se incorporan al exterior a través de grandes vanos y zigzagueantes ventanas que permiten que la ventilación ingrese sin obstáculos y sin que sea frenada por vitrales, empero la temperatura interna resulta menor por la cubierta de entepiso que posee y que amortigua la incidencia solar dejando valores conforme se corroboran con equipos de medición por debajo de los 7 ° a 8 ° c con respecto al exterior.

De igual manera, en la visita in situ acompañado de la arquitecta Mirian Rieke se realizaron mediciones en el nivel superior donde existen dos dormitorios y cuya envolvente es toda en caña guadúa y los valores obtenidos arrojaron también temperaturas por debajo de los 7°C con

respecto a la temperatura externa, generando una higrotermia propicia para el bienestar de los que la habiten.

Casa De Bambú, Olmedo, Manabí.

En este proyecto residencial se ha realizado un exhaustivo estudio sobre la materialidad y la altura óptima de la envolvente arquitectónica. Este análisis se orienta no solo a cumplir con una estética definida y armonizar con el diseño arquitectónico global, sino también a satisfacer las necesidades específicas de confort higrotérmico de los ocupantes.

La envolvente ha sido diseñada para regular eficazmente la temperatura y la humedad internas, asegurando así un ambiente interior óptimo que contribuye significativamente al bienestar de sus residentes. Este enfoque integral demuestra cómo la funcionalidad y la forma pueden

converger para crear un hábitat equilibrado y estéticamente agradable (Figura 48).

Figura 48. Casa de Bambú, Proyecto Ciudades ODS. Olmedo- Manabí



La envolvente del edificio está construida utilizando caña picada con una estructura portante de caña rolliza. Las bases de estas estructuras se integran mediante mortero a un zócalo robusto, el cual a su vez se conecta directamente con los cimientos elevados para garantizar una transición fluida y segura desde la base estructural hasta el nivel del suelo, reforzando la estabilidad y durabilidad del conjunto.

Se constituye entonces en una caja térmica que logra conservar de manera interesante temperaturas por debajo de los 8°C con respecto al exterior, permitiendo a su vez la altura que esta posee que exista un intercambio y transferencia de las masas de aire caliente que se acumulan en la altura interna de la vivienda para que fluyan al exterior con la ventilación cruzada a través de una envolvente estructurada en latillas de caña guadúa dispuestas en la parte superior,

las mismas que posibilitan una envolvente traslucida y llena de dinámica a través de la cual existe el intercambio de masas de aire. Con estos detalles la casa Olmedo reproduce de manera importante las características de la arquitectura vernácula tanto en materialidad, técnicas constructivas, especificidades de altura y sobre todo su envolvente; lo cual la vuelve muy característica de las construcciones del entorno y de la región costa.

Se destaca en este proyecto Casa Olmedo, los detalles de puertas y ventanas, así como sus paredes divisoras que se componen de la misma caña rolliza con caña picada formando diversas figuras geométricas que desempeñan un papel estético e higrotérmico, al atrapar temperaturas más bajas que las presentadas en el exterior (Figura 49).

Figura 49. Casa de Bambú, Proyecto Ciudades ODS. Olmedo- Manabí. Vista interior de la envolvente estructurada en caña guadúa.



Centro de Interpretación Turística "La Boca", Manabí.

Este proyecto arquitectónico implantado a un costado de la desembocadura del río Portoviejo y que hace su encuentro con el Océano Pacífico, se construyó en caña guadúa como el elemento referente que lleva su mensaje y significado de la cultura y tradición propia de la comunidad Las Gilces y sus sectores aledaños, comunicando de manera clara su legado histórico a los visitantes que hacen su paso preferentemente los fines de semana al balneario que la desembocadura del río provoca (Figura 50).

Construido sobre un basamento de hormigón armado se yergue la estructura en caña guadúa hasta los 5.5 metros de altura, en donde se proyecta la cubierta a dos aguas estructurada también en caña y recubierta de cade (hojas de la planta mococho), dotándole un aspecto de una gran casa que da la bienvenida al turista que hace su paso obligado por este punto de llegada. Las paredes de gran altura conformantes del Centro de Interpretación se estructuran con caña picada en 45° denotando una envolvente con particular geometría que permite el intercambio de las masas de aire

internas y externas, que terminan por aclimatar el interior de dicho centro,

proporcionando el confort adecuado y característico que otorga la caña guadúa.

Figura 50. Centro de interpretación turística La Boca



Al analizar los referentes arquitectónicos nacionales anteriormente descritos se puede concluir que la caña guadúa es un elemento muy utilizado como recurso de la materialidad de la envolvente por las diversas bondades que ofrece en dureza, resistencia, manejabilidad, sostenible, de fácil obtención pues es endémico del territorio, y lo más característico por constituirse en un

regulador térmico de los ambientes internos como legado de una arquitectura ancestral, bioclimática y vernácula del territorio manabita.

Estos casos demuestran cómo la guadúa, más allá de sus beneficios ecológicos y funcionales, puede ser un medio para la expresión cultural y artística, y un vehículo para la innovación en el diseño bioclimático.

Análisis integral del uso de la caña guadúa como material de envolvente en proyectos arquitectónicos estudiados

El análisis de los casos presentados en el repertorio internacional y nacional sobre el uso de la caña de bambú, especialmente la guadúa, como material de envolvente arquitectónica, resalta su versatilidad y sostenibilidad en diferentes contextos arquitectónicos y climáticos. Cada caso ilustra un enfoque único para integrar la guadúa no solo como un elemento estructural sino también como un componente clave en el diseño bioclimático de las edificaciones.

La guadúa, al ser un material natural con excelentes propiedades térmicas, contribuye significativamente al confort higrotérmico dentro de los espacios habitables. Este material permite una regulación natural de la temperatura, lo cual es vital para reducir la dependencia en sistemas mecánicos de climatización, disminuyendo así el consumo energético y la huella de carbono de las edificaciones. Además, su rápida tasa de regeneración y bajo impacto ambiental durante su producción la convierten en una opción

ecológicamente sostenible frente a otros materiales tradicionales como el hormigón y el acero.

En términos estéticos, la guadúa aporta una estética cálida y natural que puede ser integrada tanto en contextos urbanos como rurales, adaptándose estéticamente al entorno y mejorando la calidad visual del paisaje arquitectónico. Esta capacidad estética se combina con una alta durabilidad y resistencia a diversas condiciones climáticas, lo que la hace adecuada para una amplia gama de aplicaciones arquitectónicas.

Los casos estudiados demuestran que la guadúa no solo es funcional desde el punto de vista estructural, sino que también es innovadora en su capacidad para integrarse en sistemas de diseño bioclimático. Por ejemplo, en el Edificio Bambú en Madrid, la guadúa no solo sirve como revestimiento estético, sino que también funciona como un elemento de sombreado natural que contribuye a la eficiencia energética del edificio. Su

implementación en las fachadas permite una interacción dinámica con el entorno, donde su disposición y manejo pueden maximizar la luz natural y mejorar la ventilación, esenciales para el bienestar de los ocupantes.

A pesar de sus muchas ventajas, la implementación de la guadúa como material de construcción principal enfrenta varios desafíos. Estos incluyen la percepción de su durabilidad a largo plazo y las restricciones regulatorias en ciertos entornos urbanos que pueden no reconocerla como un material de construcción convencional. Sin embargo, estos desafíos también presentan oportunidades para la innovación en técnicas de tratamiento y en el desarrollo de combinaciones de materiales que pueden ampliar su aceptabilidad y aplicabilidad.

Además, el estudio de la guadúa en contextos internacionales, como en el Pabellón ZERI diseñado por Simón Vélez, muestra su potencial para redefinir prácticas constructivas globales y promover un cambio hacia la sostenibilidad en la arquitectura. La guadúa, por su rápido crecimiento y capacidad para capturar carbono, ofrece una respuesta concreta a los desafíos climáticos

actuales, posicionándose como un material clave en el futuro de la construcción sostenible.

Se concluye que, la caña de guadúa, en particular la guadúa, se destaca como un material de envolvente con un potencial considerable para revolucionar la arquitectura sostenible. Al integrar esta materia prima en el diseño arquitectónico moderno, se pueden lograr soluciones que son tanto ambientalmente responsables como estéticamente vigorizantes, lo que demuestra que es posible unir funcionalidad, belleza y sostenibilidad en el diseño arquitectónico.

Por otro lado, el análisis integral del uso de la caña guadúa como material de envolvente en diversos proyectos arquitectónicos aporta significativamente a la investigación que busca demostrar el valor de este material en el comportamiento higrotérmico de la vivienda urbana en Portoviejo-Manabí, contribuyendo así a la promoción del bioclimatismo como opción indispensable para la arquitectura sostenible. Los aportes clave de este análisis a la investigación propuesta son los siguientes:

El análisis resalta la capacidad de la guadúa para regular naturalmente la temperatura dentro de los espacios habitables, ofreciendo un confort higrotérmico significativo sin la necesidad de climatización artificial. Esta propiedad es fundamental para la investigación en Portoviejo-Manabí, donde el clima puede presentar desafíos significativos en términos de calor y humedad. Al demostrar que la guadúa reduce la dependencia de sistemas mecánicos, se subraya su relevancia como material que no solo es eficiente en términos energéticos sino también beneficioso para el medio ambiente debido a su bajo impacto durante la producción y su capacidad de regeneración.

La guadúa no solo ofrece beneficios térmicos, sino que también se adapta estéticamente a diversos entornos, tanto urbanos como rurales. Este aspecto es crucial para su aplicación en la ciudad de Portoviejo, permitiendo que la envolvente de guadúa se integre armoniosamente con el paisaje urbano y mejore la estética de las construcciones locales. Al utilizar la guadúa, los proyectos no solo pueden ser sostenibles sino también visualmente atractivos, lo cual es esencial para su aceptación y valorización

por parte de la comunidad y las autoridades urbanísticas.

El análisis de proyectos como el Edificio Bambú en Madrid muestra cómo la guadúa puede ser utilizada no solo como un revestimiento estético sino también como un componente activo en el diseño bioclimático, por ejemplo, mediante el sombreado natural que mejora la eficiencia energética. Esta capacidad de innovar en el uso de la guadúa para mejorar la ventilación y la iluminación natural es directamente aplicable al contexto de Portoviejo, ofreciendo estrategias concretas para la creación de viviendas que son confortables, eficientes y sostenibles.

El análisis también aborda los desafíos asociados con la percepción de la durabilidad de la guadúa y las restricciones regulatorias que pueden surgir en entornos urbanos. Estos desafíos son especialmente relevantes para la investigación en Portoviejo, ya que comprender y abordar estas preocupaciones será clave para fomentar la adopción de la guadúa en la construcción local. Las oportunidades para la innovación en técnicas de tratamiento y en el desarrollo de nuevas combinaciones de

materiales podrían ampliar la aplicabilidad y la aceptabilidad de la guadúa, haciendo que su uso sea más viable en la arquitectura contemporánea de la región.

Este análisis, por lo tanto, no solo subraya las ventajas de la guadúa desde varias perspectivas, sino que también ofrece un marco robusto para abordar tanto los beneficios como los desafíos de su uso en entornos urbanos específicos como Portoviejo. La capacidad de la guadúa para contribuir al comportamiento higrotérmico eficiente en la vivienda, junto con su potencial estético y su funcionalidad en el diseño bioclimático, la posiciona como un material ideal para avanzar hacia un modelo de desarrollo urbano que sea sostenible, resiliente y estéticamente integrado en la cultura local.

2.4. Marco legal: Utilización de la caña guadúa angustifolia como materialidad de la envolvente

Existen diversas experiencias en materia de regulación legal y de políticas públicas para el desarrollo y utilización del bambú-guadúa a nivel internacional según la Organización del Bambú y el Ratán (INBAR y

Cabeza, 2021). A continuación, se relacionan las más relevantes de importancia para el sustento de la presente investigación.

En Latinoamérica, Perú es uno de los países con normas y políticas del nivel nacional específicamente diseñadas para la promoción del bambú-guadúa. Mediante el Decreto Supremo 004-2008-AG, el gobierno peruano estableció la Declaratoria de interés nacional de la instalación de plantaciones de caña brava y bambú y aprobó el Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008 – 2020. Ambos instrumentos fueron expedidos en el marco de la Ley 27037, de Promoción de la inversión de la Amazonía; y Decreto Supremo 017- 2002, que creó el Programa para el Desarrollo de la Amazonía – PROAMAZONÍA. El Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008 – 2020 tuvo como meta plantar 500,000 ha de bambú a 2020, a fin de proteger los suelos forestales y la producción sostenible del recurso. Está liderado por el Ministerio de Agricultura en el marco de PROAMAZONÍA y prevé la articulación con otros sectores y ministerios, entre ellos, el de construcciones urbanas y rurales; la mejora de la infraestructura vial de acceso a las plantaciones; y la investigación para el desarrollo de tecnologías para la

transformación del recurso en productos con valor agregado.

Por su parte, Colombia, que es ejemplo en la utilización de la caña guadúa actualmente, no cuenta con un instrumento adaptado para promover la guadúa, sin embargo, es perteneciente a la Red Internacional del Bambú y Ratán y por eso, además del interés del país en mejorar esta situación (INBAR, 2021), el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) de la mano con la Sociedad Colombiana del Bambú, el Comité Colombiano del Bambú-Guadúa e instituciones del gobierno, organizaciones académicas y privadas han preparado hasta entonces trece (13) Normas Técnicas Colombianas (ICONTEC) siendo las siguientes:

- NTC 6100:2014 Etiquetas y sellos ambientales colombianos. Criterios ambientales para productos de primer y segundo grado de transformación de Guadúa Angustifolia Kunth.
- NTC 5405:2016 Propagación vegetativa de Guadúa Angustifolia Kunth.

- NTC 6191:2016 Hojas caulinares de Guadúa Angustifolia Kunth y productos artesanales elaborados a partir de ellas.

- NTC 5727:2017 Terminología aplicada al guadúa, sus procesos y sus productos

- NTC 5301:2018 Preservación y secado del culmo de Guadúa Angustifolia Kunth.

- NTC 5407:2018 Uniones de estructuras con Guadúa Angustifolia Kunth.

- NTC 5458:2019 Elaboración de muebles con culmos maduros de Guadúa Angustifolia Kunth.

- NTC 6317:2019 Métodos de ensayo de carga lateral estática y cíclica para muros de corte.

- NTC 6338:2019 Casetones con Guadúa Angustifolia Kunth.

- NTC 5300:2020 Cosecha y postcosecha de culmos de Guadúa Angustifolia Kunth.

- NTC 6389:2020 Identificación y calificación de servicios eco sistémicos de guadúales naturales y plantados (Guadúa Angustifolia Kunth).

- NTC 6413:2020 Estructuras de bambú. Principios básicos y procedimientos.

- NTC 5829:2021 Obtención de latas y tablillas de Guadúa *Angustifolia* Kunth.

Guías Técnicas Colombianas del bambú: Adicional, las instituciones mencionadas anteriormente también gestionaron las siguientes cinco (5) Guías Técnicas Colombianas (ICONTEC):

- GTC 269:2016 Guía para la producción de biomasa a partir de culmos de bambúes para la generación de energía.

- GTC 270:2016 Guía de criterios de selección para la comercialización de Guadúa.

- GTC 303:2019 Guía para la elaboración de tableros de esterilla de Guadúa.

- GTC 307:2019 Guía para la elaboración de artesanías con bambúes.

- GTC 220:2021 Tablas a partir de esterilla (tablerilla) de Guadúa.

El continente africano se caracteriza por una amplia variedad en su flora y fauna, donde el bambú y la caña guadúa tienen una amplia distribución en toda su geografía. Como es el caso de Uganda y Etiopia. Uganda cuenta con una Estrategia y Plan de Acción Nacional del Bambú expedida por el Ministerio de Agua y Ambiente para el periodo 2019-2029. El objetivo de ésta es “asegurar el desarrollo coordinado de la industria del bambú para impulsar el desarrollo económico verde y la producción de productos de alto valor dirigidos a los mercados nacionales, regionales e internacionales” (traducción propia) (Environment M.o., 2020). La meta de corto plazo, a 2025, es la plantación de 70,000 ha, de las cuales 30 mil serían plantadas en tierras públicas y 40 mil en privadas y la restauración de 15,000 ha de bambusales naturales. A largo plazo (2025-2040) el plan prevé 230,000 ha más de bambusales plantados y 60,000 bambusales naturales restaurados, así como la creación de 700,000 empleos.

Etiopia también cuenta con una Estrategia y un Plan de Acción para el Desarrollo del Bambú 2019–2030, expedido por la Comisión de Ambiente, Bosques y

Cambio Climático. Su objetivo general es "Transformar y gestionar de forma sostenible los recursos de bambú centrándose en el desarrollo de industrias ecológicas y la promoción de los medios de vida para producir productos de valor añadido que atiendan los mercados nacionales, regionales y mundiales" (Environment, 2020). Los objetivos específicos a diez años son:

- Aumentar la cobertura del área nacional de bambú-guadúa de 1,4 millones de ha existentes a 1,6 millones de ha.

- Gestionar de forma sostenible 200,000 ha de recursos de bambú-guadúa existentes.

- Crear y/o fortalecer ingresos directos y oportunidades de empleo complementarias para alrededor de 500,000 empleos verdes; crear 100,000 nuevos puestos de trabajo en las MIPYMES y las grandes industrias.

- Producir 2 millones de metros cúbicos de paneles y tablas de bambú-guadúa.

- Producir entre 1 y 2 millones de toneladas de productos

energéticos, a partir de subproductos del bambú-guadúa.

- Aumentar la conciencia pública sobre los recursos y productos del bambú-guadúa y mejorar la capacidad de los productores y procesadores involucrados en toda la cadena de valor.

En la India, la Ley Forestal de 1927 equiparaba el bambú-guadúa a un árbol, por lo que requería para su aprovechamiento y movilización de permisos. En 2017, el Congreso decidió modificar la cláusula 7, del artículo 2 de dicha Ley para omitir la palabra "bambúes" de la definición de árbol, con el fin de eximir a los bambúes cultivados en áreas no forestales del requisito del mencionado permiso (Bill No. 208 of 2017 The Indian Forest (Amendment) Bill, 2017 A Bill Further to amend the Indian Forest Act, 1927.) favoreciendo su utilización por parte de la población.

En Ecuador el Instituto Ecuatoriano de Normalización –INEN estableció la Guía de Práctica 042: Bambú Caña guadúa: Recomendaciones para el uso en la construcción existente desde 1976 (Ecuador, Q. (n.d.)). Estableciendo en la introducción

de dicho documento el propósito manifiesto de motivar el uso de la caña guadúa como material de construcción, y cito:

Al Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, le concierne todos los campos de la técnica, relacionados con el desarrollo económico del país, de acuerdo a las prioridades fijadas por el Gobierno Nacional. Una de estas prioridades es la vivienda de interés Social, en la cual hay un déficit muy alto con relación a la calidad y cantidad, déficit que no ha disminuido, a pesar de los esfuerzos del Gobierno. Este problema no es exclusivo del Ecuador, sino de todos los países que todavía tienen un alto grado de incremento de población, y que únicamente se puede combatir con el esfuerzo y la ayuda de la misma población, por lo cual es necesario el uso de técnicas sencillas o técnicas indígenas mejoradas, para obtener mayor seguridad y resistencia contra los agentes exteriores de la naturaleza en la construcción y el uso de las viviendas. En los tiempos pasados, la mayoría de los hombres

vivía en casas y refugios de bambú y elementos vegetales. En la actualidad la situación no ha cambiado mayormente: sólo que una parte de estos materiales se ha convertido en desechos de cartón y plástico. Como las especies de bambú o Guadúa angustifolia de Colombia, Ecuador y Perú tienen excelentes propiedades de resistencia mecánica y contra los insectos y la putrefacción, el aprovechamiento de este recurso natural es de primera importancia en la construcción de la vivienda. Los informes sobre el uso del bambú, en su mayor parte, se han tomado del documento de Naciones Unidas: "The Use of Bamboo and Reeds in Building Construction" (ST/SOA/113), el cual tiene muchas referencias del documento: "Bamboo as a building material" by F.A. Mc. Clure, U.S. Dep. of Agriculture. Con esta adaptación, el INEN tiene como objeto difundir, lo mejor posible, los aspectos útiles de este material para el Ecuador; y, cuando se tomen en cuenta los datos de la tabla 2, (referente a las propiedades de resistencia) es

evidente que el bambú es un material de construcción excelente, el cual necesita más aplicación que la que tiene actualmente.

La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) referente a las Estructuras de guadúa se encuentra alineada al eje de Seguridad Estructural en la construcción, que tiene como finalidad establecer los principios básicos para el diseño sísmo resistente de las estructuras (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016). Surge en agosto de 2016, posterior a la experiencia vivida por el terremoto y considerando que el Ecuador registra un alto riesgo de vulnerabilidad sísmica. Dentro de este eje se plantea un conjunto de directrices y lineamientos para el diseño, ejecución, control y mantenimiento de las edificaciones con miras a garantizar la calidad del entorno construido en beneficio de los usuarios; favoreciendo el cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de desarrollo.

Campo de aplicación:

Esta norma está dirigida al diseño estructural de edificaciones con Guadúa angustifolia Kunth (GaK) y otros bambúes de similares características físico – mecánicas

de hasta dos niveles o pisos, para el diseño de vivienda, equipamientos en general y estructuras de soporte a infraestructuras, con cargas vivas máximas repartidas de hasta 2,0 kN/m².

Se requerirá de diseño estructural, en los siguientes casos:

- Proyectos de una planta con luces mayores a 3 m.
- Edificaciones con superficies mayores a 200 m².
- Tipologías arquitectónicas como vivienda o equipamiento, cuyo modelo será replicado en más de 15 unidades o más de 3000 m² de área construida.

Las recomendaciones mínimas establecidas en esta norma pueden usarse tanto para proyectos de estructuras diseñadas íntegramente en Guadúa como para estructuras mixtas. Para construcciones de vivienda de hasta dos pisos en bahareque encementado, no se requiere de diseño estructural, siempre y cuando se apliquen los requerimientos expuestos en el documento reconocido NEC-DR-BE (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016).

En las normas se describe los elementos a tener en cuenta para lograr la

calidad que debe poseer la caña para ser utilizada y la forma en la que ésta deberá estar dispuesta para estructurar la edificación. En cuanto a la manera en la que debe ser utilizada la caña como envolvente se establecen lineamientos estratégicos para su empleo como recubrimiento de la estructura y que al mismo tiempo aporta a la higrotermia que debe conservar un espacio habitable (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016).

En función de ello se establece:

Recubrimiento con latillas de culmos de bambú de la manera siguiente (Figura 51):

a) Los paneles que forman parte de la envolvente pueden ser recubiertos por una o por las dos caras, con latillas extraídas de los culmos.

b) Las latillas deben estar secas y preservadas, de anchos y espesores uniformes y cantos rectos.

c) Las latillas se colocarán con su epidermis hacia el exterior.

d) Pueden asegurarse de manera ortogonal a la estructura del panel, sean estos de culmos enteros o de madera. Otra forma de asegurarlos es en diagonales o formando figuras geométricas.

e) Antes de su recubrimiento se debe realizar la instalación sanitaria hasta 50 mm (2") y la eléctrica, dejando las cajas de toma corrientes y las de interruptores.

f) Para asegurar la latilla a la estructura de los paneles de GaK madera, se utilizan clavos de 38 mm (1 ½"), enlazados por alambre galvanizado No 18. Este alambre puede ser recubierto posteriormente con latillas del culmo de bambú.

g) Para no provocar fisuras en las latillas, antes del clavado se recomienda realizar en la epidermis de la latilla, una pequeña incisión en forma de cruz.

Figura 51. Recubrimiento de paredes con latillas de bambú

En cuanto a la cubierta se estipula que debe ser liviana, impermeable y con aleros que cubran las paredes de las fachadas con un ángulo respecto a la radiación solar, de entre 20 y 30 grados, con la finalidad de cubrir las superficies de los culmos de GaK de los rayos UV y lluvias con viento (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016).

Tener en cuenta, que no solo es importante la confiabilidad de la estructura en términos de durabilidad y fortaleza de la edificación, sino que también de proporcionar un ambiente confortable, se considera que ésta deberá ser emplazada a partir de los 3 metros de altura con sus respectivas angulaciones superando la altura descrita, permitiendo con ello junto a la creación de ventanas altas el intercambio de masas de aire lo que facilitaría una regulación térmica dentro del espacio interior.

Por lo que, es importante recalcar que si bien la norma de construcción en GaK apunta a salvaguardar la estructura de la vivienda con técnicas y estrategias constructivas sismo resistentes, no queda claro un aspecto relevante como la

higrotermia, que es aquel que favorece el confort de las personas dentro del espacio que se diseña, por ello, se deberá normar los artificios arquitectónicos que la arquitectura vernácula posee para generar el confort requerido y evidenciado en sus múltiples construcciones que yacen en la costa ecuatoriana como el empleo de ventanas altas, cumbrosos traslucidos, tejidos de caña picada con aperturas y las alturas más favorables de la cubierta que faciliten el intercambio del aire (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016).

A la luz de esta disposición los gobiernos descentralizados han emitido reglamentaciones para fomentar el uso de la caña guadúa como, por ejemplo-

- 001-003-2022 Cantón Muisne: Que habilita y crea incentivos para la construcción, conservación y aprovechamiento sostenible de la caña guadúa y otros bambúes.

- Ordenanza municipal de Julio 2021 que habilita y crea incentivos para la construcción, conservación y aprovechamiento sostenible de la caña guadúa y otros bambúes en el cantón El Carmen.

- Ordenanza 009-2018 que habilita y crea incentivos para la conservación y explotación sostenible de la caña guadúa y otros bambúes en el Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí.

Todas estas ordenanzas tienen un punto en común el manejo forestal sostenible y la utilización de la caña guadúa en todos sus usos incluyendo como materialidad de la envolvente.

Ante la normativa expuesta, se muestra la relevancia de este material en la construcción y su incorporación en políticas y regulaciones nacionales e internacionales subraya su potencial no solo como un recurso sostenible, sino también como un elemento crucial en la promoción de la arquitectura ecológica y bioclimática.

Diversos países han implementado políticas para fomentar el uso del bambú y la caña guadúa. Por ejemplo, el Plan Nacional de Promoción del Bambú en Perú, que busca plantar extensas áreas de bambú, y en Uganda y Etiopía, donde los planes nacionales apuntan a expandir significativamente las plantaciones de bambú. Estas iniciativas destacan la importancia de la guadúa no solo para la

protección ambiental sino también como motor de crecimiento económico verde.

A pesar de la falta de un instrumento específico para la promoción de la guadúa en Colombia, la existencia de múltiples normas técnicas y guías enfocadas en la utilización del bambú ilustra un marco robusto de apoyo técnico y estándar para su uso en la construcción.

En Ecuador, la Guía de Práctica del INEN subraya la funcionalidad y beneficios de la caña guadúa en la construcción, especialmente para vivienda de interés social. Este enfoque se alinea con la necesidad de técnicas constructivas accesibles y sostenibles, destacando la guadúa como un material idóneo debido a sus propiedades mecánicas y de resistencia al clima.

La legislación y las políticas estudiadas proporcionan un contexto favorable para explorar más a fondo la viabilidad y eficacia de la caña guadúa como material principal en la construcción de envolventes arquitectónicas en Manabí. Este marco legal no solo respalda el uso de la guadúa desde un punto de vista ambiental y

económico, sino que también ofrece directrices técnicas para su aplicación efectiva en la arquitectura bioclimática.

La envolvente construida con caña guadúa puede significativamente mejorar la eficiencia térmica de los edificios, reduciendo la necesidad de climatización artificial y minimizando la huella de carbono de las construcciones.

Las propiedades únicas de la guadúa permiten innovaciones en el diseño de envolventes que no solo son estéticamente atractivas, sino que también son altamente funcionales en términos de manejo de la humedad y la temperatura interior.

En resumen, este análisis del marco legal y las políticas públicas relacionadas con la caña guadúa establece un punto de partida firme para la tesis, subrayando el potencial de este material no solo en términos de sostenibilidad ambiental sino también en su capacidad para mejorar el confort higrotérmico en la vivienda urbana contemporánea en Manabí, contribuyendo al desarrollo de un modelo habitacional más sostenible y adaptado al clima local.



CAPÍTULO 3: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Este capítulo presenta un análisis detallado utilizando la Encuesta de Escala de Sensación Térmica de ASHRAE para evaluar cómo los residentes de Portoviejo experimentan el confort térmico en viviendas que incorporan caña guadúa como material de envolvente, en contraste con aquellas construidas con materiales tradicionales.

La metodología adoptada consistió en la implementación de una encuesta online desarrollada con la herramienta Question Pro, que no solo midió la percepción de temperatura y satisfacción general con el ambiente térmico, sino también factores como el índice de hacinamiento, que influyen directamente en la experiencia de habitabilidad.

Además, se realizó el análisis en seis viviendas unifamiliares seleccionadas estratégicamente, durante un período exhaustivo de cuatro meses. Durante este tiempo, se utilizaron equipos de medición avanzada para registrar meticulosamente variables ambientales críticas como la

temperatura radiante, la humedad relativa y la velocidad del aire.

Adicionalmente, se realizó una evaluación completa de las características estructurales y de diseño de las viviendas, incluyendo los materiales de construcción utilizados y aspectos esenciales de habitabilidad, tales como la disposición y tamaño de las ventanas y su orientación respecto al sol.

Este análisis pormenorizado revela el potencial significativo de la caña guadúa para mejorar el confort higrotérmico en el entorno tropical de Portoviejo. Al compararla con materiales convencionales, la caña guadúa no solo demostró ser superior en la regulación de la temperatura interior, sino que también contribuyó a un entorno más sostenible y eficiente desde el punto de vista energético.

Este capítulo explica cómo la integración de este material renovable puede ser clave en la promoción de prácticas de construcción sostenibles que alineen

bienestar humano y cuidado ambiental en climas similares.

3.1. Estructura de la encuesta confort térmico

La aplicación de la Encuesta de Escala de Sensación Térmica de ASHRAE (2020) en el estudio in situ sobre el uso de la caña guadúa como material de la envolvente y su contribución al confort higrotérmico en seis viviendas de la ciudad de Portoviejo se justifica por varias razones fundamentales. Este instrumento, desarrollado por la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), es un estándar reconocido internacionalmente para evaluar la percepción térmica humana, lo que permite cuantificar el nivel de confort o incomodidad térmica experimentada por los ocupantes de un espacio.

La escala está diseñada específicamente para medir la sensación térmica de los individuos en relación con su entorno, lo que la hace particularmente adecuada para estudiar el impacto del diseño arquitectónico y los materiales de construcción en el bienestar humano. Esto es esencial para comprender cómo la caña guadúa, como material de envolvente,

influye en la percepción térmica de los ocupantes. Dado que Portoviejo se encuentra en un clima tropical, es crucial emplear una herramienta que pueda adaptarse a una amplia gama de condiciones climáticas. La Escala de Sensación Térmica de ASHRAE permite ajustes según diferentes parámetros ambientales, haciéndola aplicable al contexto específico de estas viviendas.

Los resultados obtenidos a través de esta encuesta pueden proporcionar evidencia empírica sobre la efectividad de la caña guadúa para mejorar el confort higrotérmico, apoyando así decisiones de diseño arquitectónico que prioricen la sostenibilidad y el bienestar.

Para la recolección de datos de la variable percepción del confort térmico se realizó una encuesta en línea mediante la aplicación Question Pro, la cual indagó sobre la sensación y satisfacción térmica, misma que fue basada en la Escala de Sensación Térmica de Ashrae (2020), al mismo tiempo

que se agregó en la encuesta ítems que permitieron medir el índice de hacinamiento (CEPAL y PNUD, 1989; Añazco y Pérez, 2016). Esta encuesta fue aplicada a la población por 20 encuestadores que fueron capacitados para garantizar la calidad, la validez, la coherencia y la credibilidad de los datos recopilados en la investigación.

Para el caso de la presente investigación, para medir el confort térmico, índice de hacinamiento de los residentes de una ciudad, la población sería el conjunto de residentes en la ciudad. Ante lo expuesto, la población participante de la encuesta denominada Escala de Sensación y Satisfacción Térmica: Población Urbana de Portoviejo, fueron todos los habitantes de la ciudad de Portoviejo del área urbana, sin embargo, la muestra por conveniencia fue de 161 participantes.

La encuesta se compone de 4 dimensiones:

A. Datos sociodemográficos y de control del participante (9 ítems): esta dimensión refiere a las características de la población participante de la investigación, tales como la edad, el sexo, estatura, peso,

presencia de enfermedad crónica, intensidad de actividad inmediata anterior a la entrevista, duración de la actividad inmediata anterior a la entrevista, y, hora de entrevista. Estos datos son significativos para clasificar y analizar la información recolectada en la encuesta.

B. Condiciones de la vivienda e índice de hacinamiento (13 ítems): esta dimensión detalla la calidad constructiva de la vivienda, estructura de la vivienda, altura de la vivienda, cubierta de la vivienda, piso de la vivienda, número de ventanas de la vivienda, pintura de la vivienda, uso de focos durante el día, tiempo que permanecen los focos encendidos durante el día, ubicación de la vivienda respecto al terreno, orientación de la vivienda respecto al sol, cantidad de personas que habitan la vivienda, y, cantidad de dormitorios en la vivienda. Vale destacar que el índice de hacinamiento se define como la “condición donde el número de ocupantes excede la capacidad de espacio de vivienda”; es decir, se considera hacinamiento si la densidad de ocupación es igual o mayor a 3 personas por habitación (CEPAL y PNUD, 1989; Añazco y Pérez, 2016).

Un ejemplo de norma de medición es la Organización Mundial de la Salud (OMS), que establece que una vivienda se considera sobrepoblada o hacinada si hay más de tres personas por habitación. Mientras que, en algunos casos, como en Nueva York, la situación de hacinamiento se mide en función de la cantidad de personas que viven en una vivienda en relación al número de metros cuadrados proporcionados, con una definición de hacinamiento que establece una ocupación de más de una persona por cada 9 metros cuadrados en la vivienda (CEPAL y PNUD, 1989; Añazco y Pérez, 2016).

La medición del hacinamiento implica cuantificar la densidad de ocupación en una vivienda, considerando el número de personas y el espacio disponible. Diversas metodologías se han empleado para este propósito. Una de las más comunes es la ratio de personas por habitación, que establece el número de individuos compartiendo una habitación. Este método, sin embargo, puede variar significativamente según la normativa de cada país o región. Por ejemplo, en el estudio realizado utilizando la UK Household Longitudinal Study, se abordaron tres enfoques de medición: la

ratio de personas por habitación (PPR), el estándar de dormitorios (BS) y el estándar de dormitorios modificado (MBS). Cada uno de estos enfoques considera diferentes criterios para determinar la asignación de dormitorios y el espacio vital necesario, reflejando así diversas perspectivas sobre lo que constituye una vivienda adecuada y confortable (Spicker et al., 2009).

C. Sensación térmica del ambiente interior del espacio (ASHRAE 55) (8 ítems):

esta dimensión describe los indicadores siguientes: sensación térmica general, horario de mayor temperatura en la vivienda, piso de la vivienda en el que se encuentra al momento de la entrevista, proximidad de una pared exterior (dentro de 4,50 metros), proximidad de una ventana (dentro de 4,50 metros), tipo de vestimenta que utiliza, nivel de actividad al momento de la entrevista, y, tipo de equipo de ventilación en la vivienda que controla personalmente en su vivienda.

D. Satisfacción del ambiente térmico interior del espacio (ASHRAE 55) (6 ÍTEMS):

la dimensión analiza el nivel de satisfacción de la temperatura en la vivienda, frecuencia de una temperatura cálido/caluroso en la

vivienda, frecuencia de una temperatura fresco/frío en la vivienda, en qué momento del día se presenta este problema, cómo describe mejor la fuente de la incomodidad, y, si existe cualquier otro problema relacionado al frío o calor excesivos en su vivienda.

Es relevante mencionar que el análisis de datos de los resultados de la encuesta de sensación y satisfacción térmica es pertinente por varias razones. Siendo la primera razón, que el análisis de datos ayuda a identificar problemas en la calidad del aire y la ventilación, y la comodidad general de los ocupantes de las viviendas. Los problemas identificados pueden abordarse de manera proactiva y mejorar la calidad de vida de los ocupantes. El análisis de datos también puede ayudar a reducir el consumo de energía en el edificio, al identificar las áreas donde se requiere ajustes en la temperatura, la iluminación y el uso de energía.

Por otro lado, la comodidad térmica es un factor importante que afecta la productividad y el bienestar de los ocupantes de la vivienda. Un análisis adecuado de los datos obtenidos puede contribuir a mejorar

la satisfacción de los ocupantes, lo que a su vez puede dar lugar a una mayor productividad. Así también, existen normativas y regulaciones en torno a los requisitos de comodidad térmica y calidad del aire en edificios comerciales y residenciales.

Los datos obtenidos de la encuesta sensación y satisfacción térmica fueron preparados, lo que incluyó la codificación de las respuestas, la eliminación de datos incompletos o erróneos, la verificación de la calidad de los datos y la identificación de valores atípicos.

Una vez que se prepararon los datos, se seleccionó el método de análisis para procesar los datos, el cual se basó en estadística descriptiva e inferencial, es decir frecuencias absolutas, relativas y, aplicación de la prueba de Pearson, siendo el p-valor < 0.05 . El "p-valor" asociado con esta prueba mide la probabilidad de obtener un resultado como el observado, o más extremo, bajo la hipótesis nula de que no existe relación lineal (correlación cero) entre las variables. Cuando decimos que el "p-valor es menor que 0.05" en el contexto de esta prueba, estamos diciendo que hay menos de un 5% de

probabilidad de que el resultado observado se deba al azar, si la hipótesis nula fuera cierta.

En términos prácticos, un p-valor menor que 0.05 usualmente lleva a rechazar la hipótesis nula, sugiriendo que hay evidencia estadísticamente significativa de una correlación lineal entre las variables estudiadas. Esto no implica causalidad entre las variables, sino simplemente que están linealmente relacionadas de manera no aleatoria según los datos analizados.

Luego de la realización de cálculos matemáticos, la realización de pruebas

estadísticas y de análisis de contenido, se procedió a interpretar los resultados. Esto involucró la identificación de tendencias, el descubrimiento de relaciones entre variables y la identificación de las implicaciones para la investigación.

Finalmente, el análisis de los resultados de la encuesta puede ayudar a que los administradores de edificios tomen decisiones informadas sobre los ajustes necesarios en los sistemas de climatización y ventilación (heating, ventilation and air conditioning, HVAC), los cambios en las políticas y más

3.2. Análisis de datos de los resultados de la encuesta confort térmico

Ante ello, se muestran los principales hallazgos de la aplicación de la encuesta.

3.2.1. Datos sociodemográficos y de control del participante

En la **Tabla 1** se observan los datos sociodemográficos y de control del participante que fueron parte del estudio, siendo lo más relevante que el rango de edad que sobresale es entre 35-44 años, de sexo masculino, con una estatura que oscila entre 1,60-1,69 metros, con un peso entre 65-74 KgF, que no presenta alguna enfermedad crónica, que la intensidad de sus actividades

diarias es moderada, siendo esta similar a la intensidad de la última actividad realizada previa a la entrevista, y que llevaba realizando dicha actividad con una duración entre 16 min - 30 min anterior a la entrevista, y que dicha entrevista fue realizada durante el rango horario de 10:00 am – 12:59 am.

Con relación al análisis estadístico es preciso señalar que el p-valor es un indicador

que ayuda a decidir si los resultados de un estudio son significativos. En muchos estudios científicos, se utiliza un p-valor umbral de 0.05. Esto significa que los resultados son estadísticamente significativos, o que vale la pena tomarlos en serio, si el p-valor es menor a 0.05. En otras palabras, hay menos de un 5% de probabilidad de que los resultados se deban solo al azar si no hay relación real.

En nuestro estudio, el p-valor fue de 0.000. Esto es mucho menor que el umbral de 0.05, lo que indica que los resultados no

son una coincidencia aleatoria. Por lo tanto, se puede indicar que la relación observada entre la sensación térmica y la hora en que se realizó la entrevista es real y significativa estadísticamente. La relación estadísticamente significativa que encontramos sugiere que la hora del día en que se realizan las entrevistas afecta cómo las personas perciben la temperatura. Esto podría deberse a variaciones en la temperatura ambiental a lo largo del día o a diferencias en cómo las personas sienten el calor o el frío en diferentes momentos.

Tabla 1. Datos sociodemográficos y de control del participante según escala sensación térmica

Variables	Muestra n=161	Escala Sensación Térmica						p-valor
		CA	CÁ	LC	NE	LF	FR	
Edad								
18-24 años	9	1	4	3	1	0	0	0,156
25-34 años	30	6	14	4	5	1	1	
35-44 años	62	4	16	16	19	7	7	
45-54 años	39	6	8	9	15	0	0	
55 o más años	21	4	4	7	5	1	1	
Sexo								
Femenino	66	6	25	15	17	3	0	0,312
Masculino	95	15	21	24	28	6	1	
Estatura								
1,30-1,49 metros	3	1	1	0	1	0	0	0,422
1,50-1,59 metros	40	4	8	15	10	2	1	
1,60-1,69 metros	74	13	26	14	18	3	0	
1,70-1,79 metros	41	3	11	8	15	4	0	
1,80 o más metros	3	0	0	2	1	0	0	
Peso								
35-44 KgF	1	1	0	0	0	0	0	0,620
45-54 KgF	11	3	2	3	1	2	0	
55-64 KgF	43	6	12	12	11	2	0	

65-74 KgF	63	3	23	14	18	4	1	
75-84 KgF	33	6	8	8	10	1	0	
95-104 KgF	9	2	1	2	4	0	0	
104 o más KgF	1	0	0	0	1	0	0	
Presencia de enfermedad crónica								
Sí	46	4	12	11	16	3	0	0,505
No	86	14	27	21	21	2	1	
No sabe	29	3	7	7	8	4	0	
Intensidad de actividades diarias								
Pasiva	44	6	16	11	8	3	0	0,769
Moderada	99	13	24	25	30	6	1	
Intensa	18	2	6	3	7	0	0	
Intensidad de actividad anterior a la entrevista								
Pasiva	49	5	18	11	11	3	1	0,643
Moderada	93	12	22	24	29	6	0	
Intensa	19	4	6	4	5	0	0	
Duración de la actividad que realizaba previa a la entrevista								
00 min - 15 min	36	2	10	12	11	0	1	0,438
16 min - 30 min	64	9	21	16	14	4	0	
31 min - 45 min	48	8	12	8	15	5	0	
46 min - 60 min o más	13	2	3	3	5	0	0	
Hora de la entrevista								
07:00 am – 09:59 am	8	5	1	2	0	0	0	0,000
10:00 am – 12:59 am	85	8	25	22	20	9	1	
13:00 pm – 15:59 pm	38	8	6	8	16	0	0	
16:00 pm – 19:00 pm	30	0	14	7	9	0	0	

Nota: CA: Caliente; CÁ: Cálido; LC: Ligeramente cálido; NE: Neutral; LF: Ligeramente fresco; FR: Fresco.

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica

3.2.2. Condiciones de la vivienda e índice de hacinamiento

Con relación a los hallazgos de las condiciones de la vivienda e índice de hacinamiento, se tiene lo siguiente:

La **Tabla 2** proporciona un análisis detallado sobre las condiciones estructurales de las viviendas en función de la escala de sensación térmica, abarcando diversos

elementos como la calidad constructiva, la estructura, la altura y el tipo de cubierta. En adelante, se detallan los hallazgos clave y su interpretación:

Calidad Constructiva

La mayoría de los encuestados califican la calidad constructiva de sus viviendas como "neutral" (88 casos), seguido

por aquellos que la consideran "buena" (46 casos). Esto sugiere que la percepción general de la calidad constructiva es moderada, sin inclinarse hacia extremos de muy bueno o malo.

Los valores de p-valor en esta categoría no indican diferencias estadísticamente significativas en relación a la sensación térmica ($p=0.850$).

Estructura de la Vivienda

La estructura predominante es de hormigón (70 casos), donde se ha encontrado una relación estadísticamente significativa con la sensación térmica ($p=0.000$), indicando que este material podría influir notablemente en la percepción térmica de los ocupantes.

La caña guadúa también es significativa en el estudio (64 casos), sugiriendo su relevancia en las prácticas de construcción local.

Altura de la Vivienda

La mayoría de las viviendas tienen alturas entre 2,51 y 2,80 metros (105 casos), seguido por alturas superiores a 2,80 metros (36 casos), con un p-valor de 0.582, lo que

indica que la altura no es un factor crítico en la sensación térmica dentro de este rango.

Tipo de Cubierta

La losa de hormigón armado (43 casos) y el zinc con estructura metálica (44 casos) son las cubiertas más comunes. Especialmente las losas de hormigón armado muestran una relación significativa con la sensación térmica ($p=0.000$), lo que podría indicar un mejor aislamiento térmico comparado con otros materiales.

Los resultados destacan la importancia de los materiales de construcción y las características estructurales en la percepción del confort térmico. La relación significativa entre el hormigón y la sensación térmica apunta a su efectividad en climas como el de Portoviejo, mientras que la prevalencia de la caña guadúa resalta su uso potencial en alternativas de construcción sostenible. Estos datos son cruciales para comprender cómo diferentes aspectos constructivos impactan el confort dentro del hogar, proporcionando una base para futuras mejoras en diseño arquitectónico y políticas de vivienda.

Tabla 2. Condiciones de la vivienda: Características estructurales según escala de sensación térmica

Variables	n= 161	Escala Sensación Térmica (n=161)						p-valor
		CA	CÁ	LC	NE	LF	FR	
Calidad constructiva								
Muy bueno	3	0	2	1	0	0	0	0,850
Bueno	46	5	15	12	10	4	0	
Neutral	88	11	24	20	29	3	1	
Malo	24	5	5	6	6	2	0	
Estructura								
Hormigón	70	11	25	12	18	4	0	0,000
Mixta (hormigón y madera)	5	0	4	0	1	0	0	
Mixta (hormigón y estructura metálica)	16	3	1	8	4	0	0	
Madera	6	0	0	3	2	0	1	
Caña guadúa	64	7	16	16	20	5	0	
Altura								
Menos de 2,50	19	2	4	9	4	1	0	0,582
2,51 – 2,80 metros	105	16	31	20	30	7	1	
Mayor a 2,80 metros	36	3	11	10	11	1	0	
Cubierta								
Losa de hormigón armado	43	3	18	8	10	4	0	0,000
Zinc con estructura metálica	44	10	9	13	12	0	0	
Zinc con estructura metálica y con cielo raso o Gypsum	11	1	2	3	5	0	0	
Zinc con estructura de madera y con cielo raso o Gypsum	5	1	0	2	1	0	1	
Zinc con estructura de madera	58	6	17	13	17	5	0	
Piso								
Cemento visto (paleteado)	38	7	12	9	9	1	1	0,851
Baldosa	24	5	7	4	6	2	0	
Cerámica	55	7	16	17	12	3	0	
Porcelanato	5	0	1	2	2	0	0	
Mármol	1	0	0	0	1	0	0	
Madera	37	2	10	7	15	3	0	

Nota: CA: Caliente; CÁ: Cálido; LC: Ligeramente cálido; NE: Neutral; LF: Ligeramente fresco; FR: Fresco.

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica

La **Tabla 3** ofrece un análisis detallado de las condiciones de la vivienda

con relación a sus características arquitectónicas y cómo estas influyen en la

sensación térmica percibida por los ocupantes. Aquí se presenta un análisis de todas las variables incluidas en la tabla:

Suficiencia de Ventanas

Sí (64 casos): Se registraron puntuaciones más bajas en sensaciones de calor, lo que indica que tener suficientes ventanas se correlaciona con una sensación térmica más confortable ($p=0.016$).

No (67 casos) y Tal vez (30 casos): Puntuaciones más altas en sensaciones cálidas o neutras, sugiriendo que la insuficiencia de ventanas podría contribuir a una percepción de mayor calor.

Pintura de Paredes

Colores Claros (76 casos): Muestra una tendencia a sensaciones más cálidas, aunque no estadísticamente significativa ($p=0.071$), posiblemente debido a la reflexión de luz aumentando la percepción de calor.

Colores Oscuros (12 casos) y Sin especificar (72 casos): Variaciones en las percepciones térmicas que requieren de análisis adicionales para conclusiones definitivas.

Uso de Focos Durante el Día

General (35 casos): El uso predominante de luz natural muestra una sensación ligeramente más fresca, pero no significativa ($p=0.094$).

Por espacio específico: La distribución de sensaciones térmicas varía según la habitación, con la sala presentando las sensaciones más cálidas cuando se utilizan focos artificiales.

Tiempo de Encendido de Focos

Menos de 60 minutos (83 casos): Asociado con sensaciones más neutras o cálidas, indicando un uso eficiente de iluminación artificial ($p=0.026$).

Más tiempo de encendido: Correlacionado con percepciones térmicas más variadas, sugiriendo impactos del uso prolongado de iluminación artificial en la percepción de temperatura.

Retiros en la Vivienda

Mínimos y Cómodos: La cercanía a otros edificios (adosados por lados) y los retiros mínimos mostraron diferencias en la

sensación térmica, aunque no alcanzaron significancia estadística ($p=0.146$).

Exposición al Sol de la Mañana

Diversos Espacios: Variaciones en cómo el sol de la mañana afecta las diferentes áreas de la vivienda, con la sala recibiendo más sol y asociándose con sensaciones más cálidas ($p=0.401$).

Este análisis subraya la complejidad de las interacciones entre diseño

arquitectónico y confort térmico. La suficiencia de ventanas y el uso adecuado de colores y luz artificial juegan roles importantes en cómo se percibe el ambiente interior de una vivienda, con implicaciones directas para el diseño sostenible y eficiente energéticamente.

Tabla 3. Condiciones de la vivienda: Características arquitectónicas y de habitabilidad según escala de sensación térmica

Variables	n=161	Escala Sensación Térmica						p-valor
		CA	CÁ	LC	NE	LF	FR	
Suficientes ventanas								
Sí	64	6	27	14	14	3	0	0,016
No	67	14	8	16	23	5	1	
Tal vez	30	1	11	9	8	1	0	
Pintura de paredes								
Sí, de colores claros	76	12	25	20	17	3	0	0,071
Sí, de colores oscuros	12	1	2	3	4	1	1	
No	72	8	19	16	24	5	0	
Uso de focos durante el día								
Usa la luz del día	35	9	10	7	8	1	0	0,094
Dormitorios	23	3	5	5	9	1	0	
Cocina	15	1	4	5	5	0	0	
Comedor	26	0	6	11	5	4	0	
Sala	34	7	10	2	11	3	1	
Baños (SSH)	27	1	11	9	6	0	0	
Lavandería	1	0	0	0	1	0	0	
Tiempo de encendido de focos								
Menos de 60 minutos	83	9	32	21	21	2	0	0,026
De 1 hora a 3 horas	61	7	10	16	20	7	1	
Más de 3 horas	15	5	4	2	4	0	0	
Retiros en la vivienda								
Con retiros mínimos (menos de 3 metros)	36	1	14	7	11	3	0	0,146

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Con retiros cómodos (3 metros o más)	27	3	11	5	5	2	1	
Adosada de un lado	30	3	8	7	8	4	0	
Adosada por dos lados	45	9	8	14	14	0	0	
Adosada por tres lados	23	5	5	6	7	0	0	
Sol de la mañana								
Dormitorios	49	5	16	12	12	4	0	0,401
Cocina	24	2	8	6	8	0	0	
Comedor	35	1	8	10	12	3	1	
Sala	52	13	14	11	12	2	0	
Baños (SSH)	1	0	0	0	1	0	0	

Nota: CA: Caliente; CÁ: Cálido; LC: Ligeramente cálido; NE: Neutral; LF: Ligeramente fresco; FR: Fresco.

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica

La **Tabla 4** aborda la distribución del número de ocupantes por dormitorio en viviendas, presentando datos sobre el hacinamiento en una muestra de 161 viviendas. A continuación, se proporciona un análisis detallado de los resultados mostrados:

Distribución de Ocupantes por Dormitorio

1 ocupante: Solamente dos viviendas tienen un solo ocupante distribuido en más de un dormitorio, lo que indica un uso muy limitado de las viviendas con un solo residente.

2 ocupantes: La mayoría (23 viviendas) cuenta con 2 ocupantes, y estas

tienden a concentrarse en viviendas con 1 dormitorio, mostrando un patrón común para parejas o compañeros de cuarto.

3 ocupantes: Aparecen predominantemente en viviendas con 2 dormitorios (27 casos), lo cual puede indicar familias pequeñas o configuraciones de vivienda compartida.

4 ocupantes: Este es el grupo más numeroso con 54 viviendas, donde la mayoría se concentra en viviendas de 3 dormitorios, reflejando una estructura familiar estándar de dos adultos y dos niños.

5 ocupantes: Estas 34 viviendas muestran una mayor distribución en viviendas de 3 y 4 dormitorios, lo que podría

indicar familias más grandes que requieren más espacio.

Más de 5 ocupantes: Las cifras disminuyen significativamente para hogares más grandes, lo que sugiere limitaciones de espacio o preferencias por viviendas más grandes no capturadas en la muestra.

Implicaciones de Hacinamiento

El hacinamiento se considera cuando hay más de 3 personas por dormitorio. Según los datos, cinco viviendas se encuentran en esta situación, indicando una minoría de la muestra con condiciones de vivienda muy condensadas.

El hacinamiento puede tener implicaciones negativas para la calidad de

vida, incluyendo menor privacidad, mayor estrés y posibles impactos en la salud mental y física de los ocupantes.

Este análisis es parte de un estudio más amplio sobre la sensación y satisfacción térmica, donde se investiga cómo el diseño de la vivienda y el material de construcción, como la caña guadúa, pueden afectar el confort térmico dentro de las viviendas urbanas de Portoviejo.

Este desglose ofrece una vista clara del estado del hacinamiento en la muestra estudiada y subraya la importancia de considerar la configuración del dormitorio en estudios relacionados con la habitabilidad y el confort térmico.

Tabla 4. Hacinamiento: Ocupación y dormitorios

Variables	# Dormitorios						Total
	1	2	3	4	5	6	
#Ocupantes							
1	0	1	1	0	0	0	2
2	16	6	1	0	0	0	23
3	1	27	6	3	0	0	37
4	1	16	30	5	2	0	54
5	0	3	20	9	2	0	34
6	0	1	1	4	2	1	9
7	1	1	0	0	0	0	2
Más de 7	0	1	0	0	0	0	1
Total	19	55	59	21	6	1	161

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica

La **Tabla 5** evalúa la asociación estadística entre el hacinamiento y la escala de sensación térmica en viviendas. Los resultados se obtienen a partir de la aplicación de la prueba de chi-cuadrado, cuyo objetivo es determinar si existe una relación significativa entre estas dos variables. En este contexto, se presenta el desglose y análisis de la tabla:

Estadísticas Chi-Cuadrado

Chi-cuadrado de Pearson: 43.161 con 35 grados de libertad (gl), obteniendo un valor de significancia (Sig. asintótica de dos colas) de 0.162.

Razón de Verosimilitud: 48.312 con 35 grados de libertad, con un valor de significancia de 0.066.

Asociación lineal por lineal: 0.020 con 1 grado de libertad, presentando un valor de significancia de 0.887.

Interpretación

Chi-cuadrado de Pearson y Razón de Verosimilitud:

Ambos valores de chi-cuadrado indican que no se rechaza la hipótesis nula,

ya que los p-valores son mayores a 0.05. Esto sugiere que no hay suficiente evidencia estadística para afirmar que el hacinamiento y la escala de sensación térmica están relacionados de manera significativa en esta muestra.

Un detalle importante es que el 72.9% de las casillas tienen un recuento esperado menor de 5, lo cual podría afectar la fiabilidad de estos tests, indicando que algunos de los grupos de datos son pequeños.

Asociación lineal por lineal

Este resultado específico analiza la relación lineal entre el orden de las categorías y la sensación térmica, mostrando también un p-valor alto (0.887), lo que refuerza la conclusión de que no existe una relación lineal significativa entre las variables estudiadas.

Los análisis mediante chi-cuadrado no muestran una relación estadísticamente significativa entre el hacinamiento y la percepción del confort térmico según la escala de sensación térmica. Esto puede ser indicativo de que otros factores no examinados en esta prueba podrían estar

influyendo en la sensación térmica, o que el hacinamiento por sí solo no es un determinante dominante para la sensación térmica en las condiciones y el contexto estudiados. Se recomienda considerar la

posibilidad de ampliar el estudio a una muestra más grande o revisar los grupos de categorías para aumentar la precisión estadística de la prueba.

Tabla 5. Prueba de chi-cuadrado entre hacinamiento y escala de sensación térmica

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	43,161a	35	0,162
Razón de verosimilitud	48,312	35	,066
Asociación lineal por lineal	0,020	1	,887
N de casos válidos	161		

A 35 casillas (72,9%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,01.

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica y SPSS

3.1.3. Sensación térmica del ambiente interior del espacio (ASHRAE 55)

La **Tabla 6** proporciona un análisis integral de la sensación térmica del ambiente interior de las viviendas según diversos parámetros relacionados con el entorno de la entrevista y las actividades de los residentes:

Horario de Mayor Temperatura

Mañana (06:00 am – 11:59 am): Solo el 6.88% de los encuestados sintió que este era el horario de mayor temperatura, con un p-valor de 0.027, indicando una relación significativa con la sensación térmica.

Tarde (12:00 pm – 17:59 pm): La mayoría (91.88%) indicó que la tarde era el momento más cálido, lo cual es significativo y sugiere que las estrategias para mitigar el calor deben enfocarse en estas horas.

Noche (18:00 pm – 23:59 pm): Muy pocos (1.25%) sintieron que la noche era el período más cálido, lo que es consistente con

las expectativas climáticas diurnas y nocturnas.

Ubicación en la Vivienda Durante la Encuesta

Primer piso: La mayoría de las encuestas se realizaron aquí (82.61%), pero el p-valor de 0.887 muestra que no hay relación significativa entre la planta y la sensación térmica.

Otros pisos: Datos menores en los pisos superiores sugieren variaciones mínimas en la sensación térmica respecto al nivel del suelo.

Proximidad a Elementos Arquitectónicos

Pared exterior (dentro de 4.50 metros): Más de la mitad estaban cerca de una pared exterior, pero el p-valor de 0.080 indica que no hay una relación significativa con la sensación térmica.

Ventana (dentro de 4.50 metros): Similar a la pared exterior, estar cerca de una ventana no parece influir significativamente en la sensación térmica ($p=0.287$).

Tipo de Vestimenta

Vestimenta normal: Es la más común (39.75%) y los p-valores en esta categoría (0.682) muestran que el tipo de vestimenta no tiene un impacto significativo en la percepción térmica.

Nivel de Actividad

De pie relajado: La posición más reportada durante la encuesta (47.20%), indicando la postura común en entornos residenciales. El p-valor de 0.179 para el nivel de actividad muestra que no hay correlación significativa entre la actividad física leve y la sensación térmica.

Equipos de Control del Ambiente

Ventilador de piso: Comúnmente usado (33.33%) y el único dispositivo con un p-valor significativo (0.041), lo que sugiere que la gestión activa del ambiente con ventiladores puede influir en la sensación térmica.

Este análisis resalta cómo el horario del día y los dispositivos personales para controlar el clima impactan significativamente la sensación térmica dentro de las viviendas. Factores como la ubicación en el edificio y la proximidad a

elementos arquitectónicos como paredes y ventanas mostraron tendencias, pero no relaciones estadísticamente significativas. Estos resultados son fundamentales para

comprender mejor cómo se puede mejorar el confort térmico a través de la gestión ambiental y el diseño arquitectónico

Tabla 6. Sensación del ambiente interior del espacio

Variables	n= 161	%	Escala Sensación Térmica						p-valor
			CA	CÁ	LC	NE	LF	FR	
Horario de mayor temperatura									
Mañana (06:00 am – 11:59 am)	11	6,88	5	2	2	2	0	0	0,027
Tarde (12:00 pm – 17:59 pm)	147	91,88	16	44	36	43	8	1	
Noche (18:00 pm – 23:59 pm)	2	1,25	0	0	1	8	1	0	
Piso de la vivienda (entrevista)									
1ero	133	82,61	17	36	32	38	9	1	0,887
2do	19	11,80	4	7	3	5	0	0	
3ro	2	1,24	0	0	1	1	0	0	
Otro	7	4,35	0	3	3	1	0	0	
Cercanía a un pared exterior (dentro de 4,50 metros)									
Sí	84	52,50	12	18	23	23	8	1	0,080
No	76	47,50	9	28	16	22	1	0	
Cercanía de una ventana (dentro de 4,50 metros)									
Sí	86	53,42	12	23	20	22	8	1	0,287
No	75	46,58	9	23	19	23	1	0	
Tipo de vestimenta									
Muy ligera	46	28,57	9	10	12	14	1	0	0,682
Ligera	51	31,68	6	17	10	15	3	0	
Normal	64	39,75	6	19	17	16	5	1	
Nivel de actividad (entrevista)									
Reclinable	12	7,45	1	5	2	3	1	0	0,179
Sentado	39	24,22	8	9	8	14	0	0	
De pie relajado	76	47,20	4	21	21	24	6	0	
Actividad ligera de pie	20	12,42	3	7	4	3	2	1	
Actividad media de pie	12	7,45	4	4	3	1	0	0	

Alta actividad	2	1,24	1	0	1	0	0	0	
Equipo que controla en su espacio									
Persianas	35	18,23	6	17	4	6	2	0	0,041
Acondicionador de aire de la habitación	34	17,71	2	13	9	7	3	0	
Ventilador de techo	26	13,54	1	6	10	7	1	1	
Abanico portátil	9	4,69	2	1	1	4	0	1	
Ventilador de piso	64	33,33	8	15	20	17	3	1	
Otro	24	12,50	3	5	6	8	2	0	

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica y SPSS

La **Tabla 7** ofrece un resumen de la percepción de la sensación térmica general de 161 participantes, presentando una distribución de sensaciones térmicas variadas desde "Caliente" hasta "Frío:

Distribución de la Sensación Térmica

Caliente (1,04%): Un pequeño porcentaje, representando a 21 individuos que percibieron una sensación térmica muy alta.

Cálido (28,57%): La categoría más reportada, con 46 participantes, indicando que una porción significativa sintió calor, pero a un nivel moderado.

Ligeramente cálido (24,22%): 39 participantes encontraron la temperatura ligeramente por encima del confort, lo que refleja una experiencia térmica agradable para algunos.

Neutral (27,95%): 45 individuos no sintieron ni calor excesivo ni frío, sugiriendo condiciones óptimas de confort térmico.

Ligeramente fresco (5,59%): Una minoría de 9 personas sintió un leve frescor, lo cual puede ser ideal dependiendo de la actividad física y el vestuario.

Fresco (0,62%): Solo 1 persona sintió un frío notable, indicando que este extremo de la escala es raro en el ambiente estudiado.

Frío (0,00%): Ningún participante reportó sentir frío extremo, lo que es coherente con un clima generalmente cálido o templado.

Implicaciones para el Confort Térmico

Los resultados sugieren que la mayoría de los participantes percibieron temperaturas que van desde neutrales hasta moderadamente cálidas, con una inclinación

hacia sensaciones más cálidas. Esto puede ser un indicativo de que las condiciones de vivienda o ambientales durante la realización de la encuesta favorecieron un clima más cálido.

Este perfil de sensación térmica ayuda a entender mejor las necesidades de regulación térmica dentro de las viviendas.

Los datos apuntan a la posibilidad de mejorar la comodidad mediante ajustes en la ventilación, el uso de materiales de construcción que modulan mejor la temperatura o la revisión de sistemas de climatización para adecuarlos a las necesidades más comunes de los habitantes.

Tabla 7. Percepción de la sensación térmica general

Variables	n= 161	%
Caliente	21	1,04
Cálido	46	28,57
Ligeramente cálido	39	24,22
Neutral	45	27,95
Ligeramente fresco	9	5,59
Fresco	1	0,62
Frío	0	0.00

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica

3.2.4. Satisfacción del ambiente térmico interior del espacio (ASHRAE 55)

La **Tabla 8** proporciona un análisis detallado sobre la satisfacción térmica general de 161 participantes en el estudio, reflejando diferentes grados de contentamiento con el ambiente térmico de sus viviendas.

Distribución de la Satisfacción Térmica General

Muy Satisfecho (1,88%): Un pequeño grupo de 3 personas, que probablemente

encontraron su entorno ideal en términos de temperatura.

Satisfecho (12,50%): 20 participantes se sienten cómodos con su entorno térmico, lo que sugiere condiciones adecuadas en sus espacios de vivienda.

Algo Satisfecho (19,38%): 31 personas se inclinan hacia una percepción positiva, pero con reservas, lo que podría indicar áreas menores de mejora.

Neutral (46,25%): La mayoría, con 74 personas, no siente ni calor excesivo ni frío, indicando un equilibrio en la gestión térmica de sus espacios.

Poco Satisfecho (13,75%): 22 participantes experimentan algún grado de insatisfacción, posiblemente debido a variaciones no óptimas en la temperatura de su entorno.

Insatisfecho (5,63%): 9 personas están claramente descontentas con la temperatura de sus viviendas, lo que resalta problemas en la regulación térmica.

Muy Insatisfecho (1,26%): Un grupo muy reducido de 2 personas muestra un descontento severo, que puede ser crítico para entender las fallas extremas en confort térmico.

Implicaciones para el Diseño y la Regulación del Ambiente

Esta distribución revela que, aunque una mayoría se inclina hacia una percepción

neutral o satisfactoria del ambiente térmico, existe una fracción significativa de insatisfacción que no debe ignorarse. Este patrón sugiere que, aunque las medidas actuales de regulación térmica pueden ser adecuadas para muchos, es crucial explorar mejoras en aislamiento, sistemas de calefacción o refrigeración, y otras estrategias de diseño bioclimático para aumentar el porcentaje de ocupantes satisfechos.

La comprensión de estos niveles de satisfacción ayuda a identificar áreas clave para el desarrollo de intervenciones de diseño más efectivas que puedan aumentar la comodidad térmica en viviendas, particularmente en climas como el de Portoviejo donde el manejo del calor y la humedad es crucial. Los datos de la Tabla 8 ofrecen una base sólida para políticas de construcción y renovación que prioricen el bienestar y la eficiencia energética.

Tabla 8. Satisfacción térmica general

Variables	n= 161	%
Muy satisfecho	3	1,88
Satisfecho	20	12,50
Algo satisfecho	31	19,38

Neutral	74	46,25
Poco satisfecho	22	13,75
Insatisfecho	9	5,63
Muy insatisfecho	2	1,26

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica

La **Tabla 9** proporciona un análisis de la relación entre la satisfacción térmica general y diversas variables sociodemográficas y de control del participante. Aquí se detalla la distribución de respuestas para las categorías de satisfacción térmica y se evalúan los p-valores asociados para identificar correlaciones estadísticamente significativas.

Distribución de la Satisfacción Térmica por Grupos Demográficos

Edad: No hay diferencias significativas en la satisfacción térmica entre diferentes grupos de edad ($p=0.962$), lo que sugiere que la percepción del confort térmico es similar a través de las franjas etarias.

Sexo: Aunque las mujeres y los hombres reportan diferentes niveles de satisfacción, estas diferencias no alcanzan

significancia estadística ($p=0.070$), indicando que el género no es un determinante crítico de la satisfacción térmica.

Estatura: No se observan diferencias significativas relacionadas con la estatura de los participantes ($p=0.122$).

Peso: Aquí sí se encuentra una correlación significativa ($p=0.011$), con personas en diferentes rangos de peso reportando niveles de satisfacción térmica variados, lo que podría sugerir un impacto del metabolismo o masa corporal en la percepción del calor.

Factores Relacionados con el Estilo de Vida y la Salud

Presencia de Enfermedad Crónica: No se halla una relación significativa entre las condiciones crónicas de salud y la satisfacción térmica ($p=0.111$).

Intensidad de Actividades Diarias: Hay una correlación estadísticamente significativa ($p=0.013$), indicando que la intensidad del régimen diario puede influir

en cómo las personas perciben la temperatura en sus ambientes.

Intensidad de Actividad Anterior a la Entrevista: Muy significativa ($p=0.002$), esta variable muestra que las actividades recientes afectan la percepción de la temperatura, posiblemente debido a cambios en la tasa metabólica o la producción de calor corporal.

El análisis de la Tabla 9 revela que, aunque algunas variables demográficas

como el peso y la actividad diaria tienen impactos significativos en la satisfacción térmica, otras como la edad, el género y la estatura no muestran diferencias marcadas. Esto sugiere que las intervenciones para mejorar el confort térmico deben considerar aspectos metabólicos y de estilo de vida, además de las configuraciones físicas del espacio. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para diseñar estrategias más personalizadas y efectivas de gestión térmica en entornos habitados.

Tabla 9. Relación entre la satisfacción térmica general y las variables sociodemográficas y de control del participante

Variables	Escala Satisfacción Térmica (n=161)							p-valor
	MS	SA	AS	NE	PS	IN	MI	
Edad								
18-24 años	0	0	0	7	2	0	0	0,962
25-34 años	1	6	6	10	5	2	0	
35-44 años	1	7	13	30	7	3	1	
45-54 años	1	4	7	20	5	2	0	
55 o más años	0	3	5	8	3	2	0	
Sexo								
Femenino	2	3	17	34	8	2	0	0,070
Masculino	1	17	14	41	14	7	1	
Estatura								
1,30-1,49 metros	0	0	2	0	0	1	0	0,122
1,50-1,59 metros	0	1	10	22	5	2	0	
1,60-1,69 metros	3	9	12	32	15	2	1	
1,70-1,79 metros	0	9	6	20	2	4	0	
1,80 o más metros	0	1	1	1	0	0	0	
Peso								
35-44 KgF	0	0	0	0	0	1	0	0,011
45-54 KgF	0	2	2	6	0	1	0	
55-64 KgF	1	4	15	14	7	2	0	
65-74 KgF	2	7	7	36	11	0	0	
75-84 KgF	0	5	5	17	3	2	1	
95-104 KgF	0	2	2	1	1	3	0	

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

104 o más KgF	0	0	0	1	0	0	0	
Presencia de enfermedad crónica								
Sí	1	6	10	21	7	1	0	0,111
No	1	14	19	38	8	6	0	
No sabe	1	0	2	16	7	2	1	
Intensidad de actividades diarias								
Pasiva	3	3	11	18	8	1	0	0,013
Moderada	0	15	18	49	12	5	0	
Intensa	0	2	2	8	2	3	1	
Intensidad de actividad anterior a la entrevista								
Pasiva	3	5	10	21	9	1	0	0,002
Moderada	0	14	20	46	9	4	0	
Intensa	0	1	1	8	4	4	1	
Duración de la actividad que realizaba previa a la entrevista								
00 min - 15 min	0	4	9	18	4	1	0	0,464
16 min - 30 min	2	6	9	32	11	3	1	
31 min - 45 min	1	5	11	20	6	5	0	
46 min - 60 min o más	0	5	2	5	1	0	0	
Hora de la entrevista								
07:00 am – 09:59 am	0	0	1	4	2	1	0	0,289
10:00 am – 12:59 am	2	8	16	40	15	3	1	
13:00 pm – 15:59 pm	0	3	9	20	2	4	0	
16:00 pm – 19:00 pm	1	9	5	11	3	1	0	

Nota: MS: Muy Satisfecho; SA: Satisfecho; AS: Algo Satisfecho; NE: Neutral; PS: Poco Satisfecho; IN: Insatisfecho; MI: Muy Insatisfecho

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica

La **Tabla 10** analiza la relación entre la sensación térmica y la satisfacción térmica general, utilizando datos obtenidos de una encuesta y aplicando pruebas estadísticas para evaluar las correlaciones. Aquí te presento un análisis detallado de los resultados:

Metodología Estadística y Resultados

Chi-cuadrado de Pearson: El valor obtenido es 54.640 con 30 grados de libertad (gl), y un valor p de 0.004, indicando una relación estadísticamente significativa entre la sensación térmica y la satisfacción térmica general.

Razón de verosimilitud: Se registra un valor de 52.400 con 30 gl, con un valor p de 0.007, reforzando los hallazgos del chi-cuadrado de Pearson.

Asociación lineal por lineal: Con un valor de 4.878 y 1 gl, el valor p es 0.027, lo que sugiere una asociación lineal significativa entre las ordenadas categorías de las variables estudiadas.

Significados de los Resultados

Significancia estadística: Los valores p bajos en las pruebas indican que hay menos de un 5% de probabilidad de que los resultados observados se deban al azar si la hipótesis nula (no relación) fuera cierta. Esto implica que las variaciones en la sensación térmica percibida están asociadas con diferencias en la satisfacción térmica de los encuestados.

Implicaciones prácticas: El estudio muestra que mejorar la sensación térmica en un entorno puede directamente incrementar la satisfacción térmica de los individuos. Esto

puede ser crítico para el diseño de políticas de vivienda y regulaciones de construcción que busquen optimizar el confort térmico.

Consideraciones Adicionales

Recuento esperado bajo en casillas: Un 71.4% de las casillas tuvieron un recuento esperado menor de 5, lo cual podría afectar la fiabilidad de las pruebas chi-cuadrado, ya que idealmente todas las casillas deberían tener un recuento esperado de al menos 5 para garantizar la precisión estadística.

Esta tabla proporciona evidencia sólida de la conexión entre cómo las personas sienten la temperatura y cómo se sienten acerca de su ambiente, lo que es relevante para el diseño de interiores y la planificación urbana en contextos de climas variados.

Tabla 10. Relación entre la sensación térmica y la satisfacción térmica general

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	54,640	3	0,004
	a	0	
Razón de verosimilitud	52,400	3	0,007
		0	
Asociación lineal por lineal	4.878	1	0,027
N de casos válidos	161		

a. 30 casillas (71,4%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,01.

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta Sensación y Satisfacción Térmica y S

3.3. Procedimiento para el análisis de datos de las 6 viviendas objeto de estudio

Para el desarrollo del estudio in situ de la utilización de la caña guadúa, se identificó los sectores más críticos de los cuadrantes considerando las viviendas con mayores incidencias solares escogiendo 6 viviendas unifamiliares de una planta ubicadas dentro del casco urbano del cantón Portoviejo, con diferentes características tomando en cuenta la temperatura radiante, humedad relativa y velocidad de los vientos. Las viviendas fueron seleccionadas de acuerdo con los criterios siguientes: rango de área de construcción: 60 m² a 140m², y cuadro de necesidades de ambientes: sala, comedor, cocina, baños, dormitorios, lavandería y cuarto de estudio.

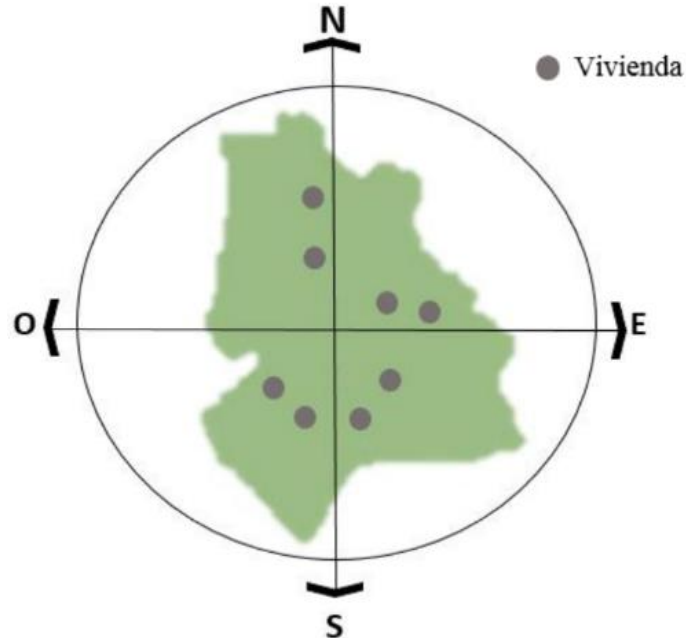
Para la recolección de datos in situ en 6 viviendas de la ciudad de Portoviejo analizándolas en 17 semanas, verificando las temperaturas máximas y mínimas que se dieron en el día, las cuales nos permitió evidenciar los cambios de temperaturas en las viviendas. Se consideró la toma de

medición en las viviendas en diferentes tiempos de horarios en el día, siendo estos los meses de abril, mayo, junio y julio del 2019 en horas del día (8:00 am-12:00pm-18:00pm), en diferentes días. Se recalca, que se georreferenciaron cada una de las viviendas ubicadas en cada uno de los cuadrantes mediante un GPS y un mapa satelital como lo es Google Earth.

Al enfocarse en el confort higrotérmico, este estudio busca directamente mejorar la calidad de vida de los habitantes, proporcionando espacios más confortables y saludables.

Las 6 viviendas unifamiliares contemporáneas se seleccionaron 4 con construcción tradicional y 2 en caña guadúa, las que fueron escogidas de manera aleatoria, para lo cual se dividió el plano de la ciudad en 4 cuadrantes (Figura 52).

Figura 52. Mapa esquemático de la ubicación de viviendas en las que se aplicaron las fichas técnicas de observación en el casco urbano de Portoviejo. Provincia de Manabí, República del Ecuador.



La medición se realizó mediante cuatro equipos, los cuales se presentan a continuación:

Higrómetro PROTME X PT6508 medición digital de la humedad relativa y de la temperatura (Figura 53). Este es un medidor de humedad de temperatura interior y exterior para medir la humedad relativa y la temperatura. Este medidor de humedad de temperatura PT6508 puede mostrar humedad y tres tipos de temperaturas alrededor del aire del sensor: Temperatura ambiente, temperatura de

punto de rocío, temperatura del bulbo húmedo.

Figura 53. T Higrómetro PROTME X PT6508

El Anemómetro (HANDHELD WIND METER) es un dispositivo portátil para medir la velocidad del viento (Figura 54). Proporciona la velocidad del viento que se introduce a la vivienda en (m/seg). El anemómetro está diseñado específicamente para medir la velocidad del viento en diversas aplicaciones. Esta medición se realiza midiendo la velocidad del viento que impacta contra el dispositivo. La precisión generalmente de los modelos de mano es de $\pm 3\%$ de lectura. Este dispositivo cuenta con una pantalla digital que muestra la velocidad del viento en diferentes unidades de medida, como kilómetros por hora, metros por segundo, millas por hora, nudos, entre otras.

Figura 54. Anemómetro (HANDHELD WIND METER)



Está diseñada para aplicaciones industriales exigentes donde es fundamental realizar mediciones estables y adaptaciones extensas. El instrumento ofrece varias opciones y puede adaptarse y personalizarse conforme a las necesidades específicas de cada aplicación. Sensor de cuarta generación HUMICAP de Vaisala para mayor precisión y estabilidad, su carcasa IP65/IP66 resistente a la corrosión, tiene excelente rendimiento en condiciones extremas; buena tolerancia química y calibración con trazabilidad para mediciones y salidas analógicas.

Figura 55. Medidor de temperatura y humedad Marca Vaisala HMT330

El PTD 1 analiza las condiciones climáticas completas de los espacios para ayudar a diseñar un espacio energéticamente eficiente, en cuestión de segundos se descubren factores críticos, como los puentes térmicos (pérdida de energía) y las zonas con riesgo de moho. Tres sensores diferentes para medir la temperatura de la superficie, la temperatura ambiente y la humedad del aire, la pantalla LED indica claramente si hay riesgo de formación de moho o de pérdida de energía (Figura 56).

Figura 56. Termómetro infrarrojo PTD1



Además, se aplicó una ficha técnica de conservación a las viviendas identificadas, en el que se auscultaron características y condiciones de ambientes, dimensionamientos, orientación, tipo de iluminación, ventilación y materialidad empleada en la tipología de la vivienda.

Modelos matemáticos de confort

Los modelos matemáticos para predecir el confort térmico se suelen desarrollar a partir de experimentos en cámaras cuyas condiciones ambientales son controladas por los investigadores, preguntando sistemáticamente a las personas participantes sobre sus sensaciones térmicas. A partir de los resultados, los investigadores han tratado de poner en relación las respuestas térmicas con las variables personales, ambientales y fisiológicas que mayor influencia pueden tener en el confort humano. Entre esas variables se encuentran las siguientes:

Variables personales

- Resistencia térmica de la vestimenta.

- Tasa metabólica.

VARIABLES AMBIENTALES:

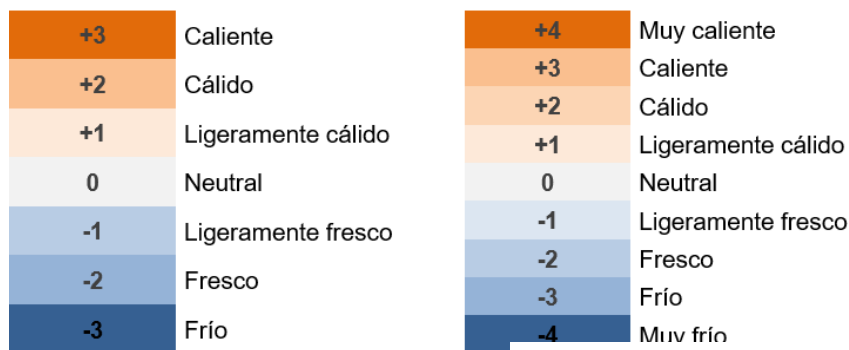
- Temperatura del aire.
- Temperatura radiante media.
- Velocidad relativa del aire.
- Presión de vapor de agua en el aire.

VARIABLES FISIOLÓGICAS:

- Temperatura de la piel.
- Temperatura interna, o de núcleo.
- Tasa de sudoración.
- Humidificación de la piel.
- Conductancia térmica entre el núcleo y la piel.

Para definir el nivel de confort de las personas, la mayoría de estos modelos emplea escalas de siete o nueve valores de sensación térmica, como las que se muestran en la Figura 57. En ellas el valor cero representaría la ausencia de estrés térmico y por lo tanto el confort absoluto. Aunque en última instancia se trata de valoraciones subjetivas, estas escalas nos ofrecen una valiosa referencia para medir y predecir el nivel de confort en los edificios.

Figura 57. Escalas de sensación térmica con 7 y 9 valores.



Modelo de confort de Fanger

Se trata del primer modelo de confort de su tipo, publicado en 1967 y actualizado

en 1972. Es también el modelo matemático más conocido, debido en parte a que se ha trasladado a gráficas y tablas que facilitan su aplicación.

Fanger desarrolló el modelo a partir de las investigaciones que realizó en la Universidad Estatal de Kansas y en la Universidad Técnica de Dinamarca, donde trabajó con una gran cantidad de personas en cámaras climatizadas. En determinados intervalos, cada persona debía elegir el punto de la escala de confort que mejor describiera su estado. A partir de esa información se derivó un modelo matemático que ponía en relación los factores ambientales y fisiológicos involucrados, teniendo en cuenta todos los procesos de pérdidas y ganancias de calor del cuerpo humano. En realidad, el proceso no fue tan simple, ya que, si bien los aspectos fundamentales del modelo se basaron en el análisis físico de los procesos de intercambio de calor, luego tuvo que ser modificado ligeramente para ajustarse a los resultados estadísticos. En otras palabras, se trata de un modelo matemático de la fisiología térmica humana calibrado con las sensaciones de calor expresadas por las personas.

El modelo de confort de Fanger ofrece dos indicadores principales del confort: el Voto Medio Previsto (PMV) y el Porcentaje de Personas en Disconfort (PPD).

El índice de Voto Medio Previsto (PMV, *Predicted Mean Vote*) expresa el valor medio de la sensación subjetiva de confort de un grupo de personas en un ambiente determinado. Emplea para ello la escala de sensación térmica de siete puntos (ver Figura 1). Por ejemplo, si para el espacio interior de un edificio se calcula un PMV de 0.0 en un momento determinado, significa que en promedio las personas se sentirían en confort. Si en cambio el valor calculado es de 2.0, en promedio las personas sentirían el ambiente como cálido. Estos valores no representan la sensación térmica exacta de cada individuo, algo en lo que profundizaremos más adelante, pero nos permite estimar la sensación térmica más probable.

Para darnos una idea del planteamiento matemático del PMV, veamos algunas de las principales ecuaciones que se pueden emplear para calcularlo. Están basadas en las publicaciones de Fanger y en la norma ISO 7730, donde es posible consultar las ecuaciones empleadas para calcular cada uno de los parámetros individuales.

Ecuación de balance de calor del cuerpo humano:

$$M - W = H + E + C_{res} + E_{res}$$

Donde:

M = Tasa metabólica, cantidad de energía química transformada en calor y trabajo (W/m²).

W = Potencia mecánica efectiva (W/m²).

H = Pérdida de calor por convección, radiación y conducción (W/m²).

E = Pérdida de calor por evaporación en la piel (W/m²).

C_{res} = Intercambio de calor por convección a través de la respiración (W/m²).

E_{res} = Intercambio de calor por evaporación a través de la respiración (W/m²).

Ecuación de comodidad:

$$M - W = H + E_c + C_{res} + E_{res}$$

Donde:

E_c = Pérdida de calor por evaporación en la piel con sensación térmica neutra (W/m²)

Ecuación para el cálculo del PMV:

$$PMV = (0.303 \times \exp^{-0.036 \times M} + 0.028) \times [(M - W) - H - E_c + C_{res} + E_{res}]$$

Designbuilder -CFD: dinámica computacional de fluidos

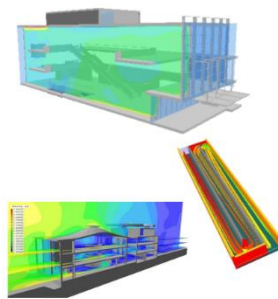
La ventilación es una estrategia muy importante en el funcionamiento bioclimático de un edificio, no solo para la renovación de aire sino también para refrigerar en épocas calurosas. No obstante, su implementación habitualmente se realiza utilizando métodos y nociones empíricas que pueden conducir a soluciones inapropiadas o molestas para los usuarios. En otros casos, la efectividad de una estrategia adecuada de ventilación natural puede verse menguada por la

influencia del entorno inmediato del edificio, que puede producir sombras de viento o aceleraciones y turbulencias de aire molestas para los viandantes.

La Dinámica Computacional de Fluidos (en inglés Computational Fluid Dynamics, CFD), es una disciplina que permite la predicción y cálculo de flujos de fluidos según las condiciones de:

- Geometría: forma y tamaño de los elementos, del dominio de cálculo, de entradas y salidas de fluidos.
- Propiedades de los fluidos: tipo, número, densidad, viscosidad, propiedades térmicas.
Condiciones iniciales: estado inicial de todos los elementos
- Condiciones de contorno: entrada y salida de masa, fuentes de energía.

Figura 58. Simulaciones



Los cálculos realizados por CFD representan una aproximación (modelización matemática) al fenómeno físico real que se quiere simular:

Se divide el espacio de estudio (dominio) en pequeños volúmenes llamados celdas.

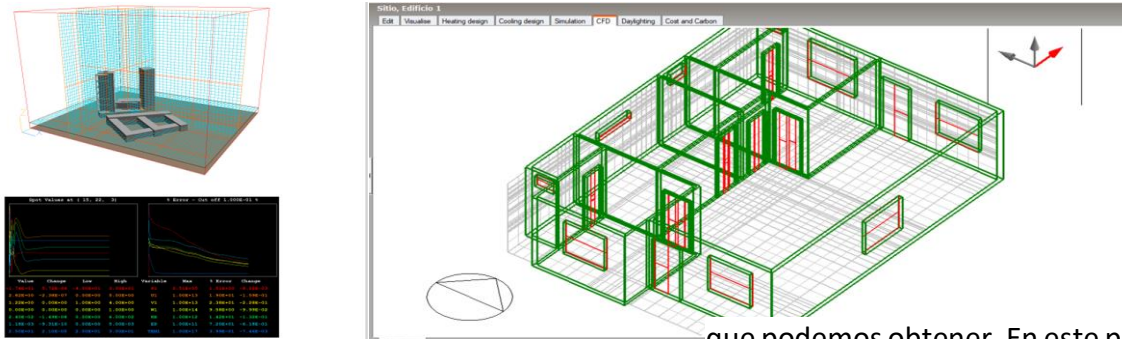
En cada celda, se calcula el balance (ecuaciones de conservación) de masa, momento y energía.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\phi) + \nabla \cdot (\rho\vec{V}\phi - \Gamma_{\phi}\nabla\phi) = S$$

Iterativamente, se modifican las variables del flujo (temperatura, velocidad, presión) con la finalidad de que se cumplan los balances en todas las celdas del dominio. No obstante, se genera un error residual.

Cuándo los valores calculados alcanzan cierto grado de convergencia, la simulación se da por válida y se pueden analizar los resultados.

Figura 59. Simulaciones



Las simulaciones mediante software CFD tienen un proceso común en la mayoría de programas:

1. Una vez definido el fenómeno real o situación que se quiere simular, es muy recomendable realizar un planteamiento inicial en el que, aplicando los conocimientos técnicos pertinentes, se definan los objetivos del cálculo, las variables a calcular y los procesos que intervendrán en la simulación (por ejemplo, si es necesario el cálculo de temperaturas, si habrá transferencia de calor por radiación, etc...) y realizar una pequeña predicción de los resultados

que podemos obtener. En este punto, también es importante plantearse la posibilidad de realizar las máximas simplificaciones posibles del modelo, e incluso estudiar si existe alguna simetría en el modelo que permita reducir el ámbito de estudio.

2. Ya dentro del software de CFD, el primer paso consiste en la definición del modelo en el que se debe especificar:
 - Las condiciones iniciales (por ejemplo, de temperatura inicial de los elementos del modelo).
 - Las condiciones límite o de contorno: geometría,

propiedades materiales y térmicas de los elementos, entradas y salidas de masa, fuentes de energía.

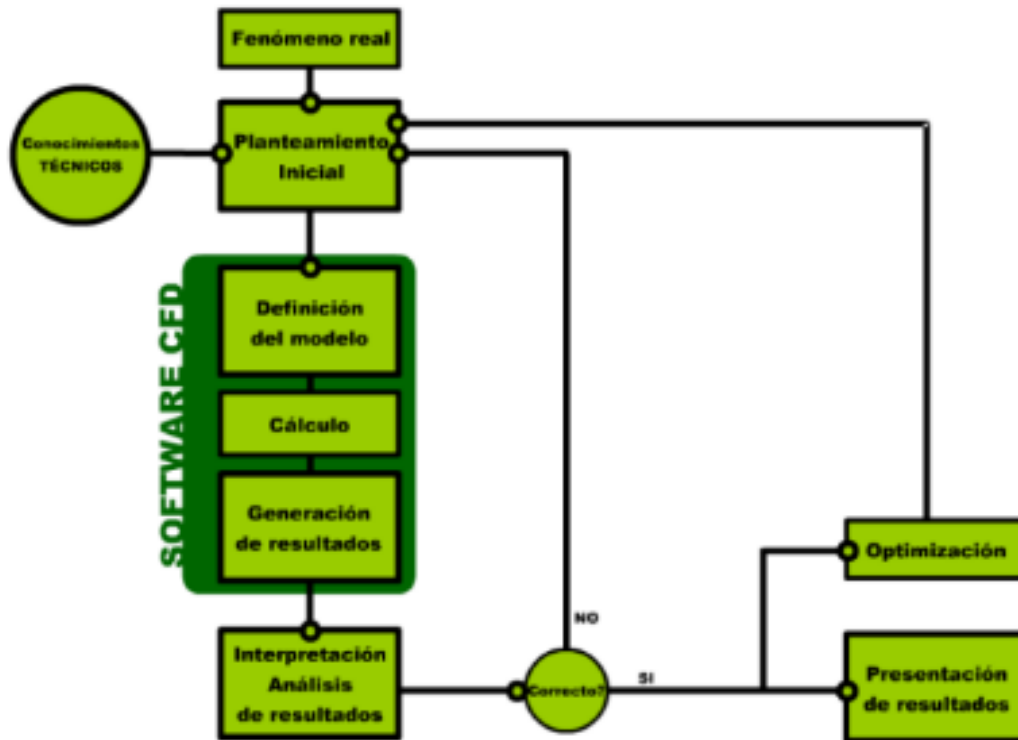
- El modelo de turbulencia: seleccionar el comportamiento de los diferentes fluidos que intervienen en el modelo.
- El número de iteraciones: cuántas veces el programa intentará resolver el sistema de ecuaciones diferenciales para que se cumplan los balances de masa, momento y energía.

3. Con el modelo definido, se inician los cálculos, momento en el que será preciso prestar atención a la convergencia del modelo (que las variables calculadas se mantengan constantes a lo largo de las iteraciones), y al error residual (que debe tender a cero).

4. El siguiente paso consiste en la generación de resultados, ya sea mediante imágenes o animaciones, o bien obteniendo datos numéricos. 5. Llegados a este punto, es

recomendable hacer una interpretación y análisis de los resultados obtenidos, y teniendo en mente el planteamiento inicial del problema, determinar si los resultados obtenidos son correctos y lógicos. En caso afirmativo, se tratarían los resultados para su presentación y se estudiaría la posibilidad de realizar alguna optimización de mejoría. En caso negativo, si los resultados parecen ilógicos o irreales, será necesario volver al planteamiento inicial y a la definición del modelo para intentar averiguar dónde está el posible error.

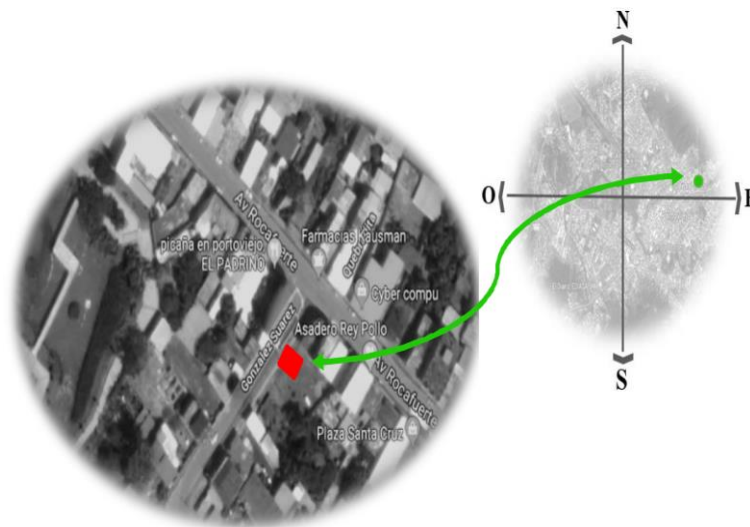
Figura 60. Conocimientos técnicos



3.3.1. Vivienda tipo 1 - Calle González Suárez y Av. Rocafuerte

1° 3'32.85"S- 80°26'49.95"O

Figura 61. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda tipo 1. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).










**Figura 62. Vivienda del señor Segundo Saltos. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí.
República del Ecuador. (2019).**



Ficha técnica de observación vivienda-1

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
 GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Figura 63. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda tipo 1. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.

UNIVERSIDAD PARTICULAR SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO				ÁREAS							
CARRERA DE ARQUITECTURA				SALA	COMEDOR	COCINA	DORMITORIO 1	S.S.H.H	TIENDA	1/2 S.S.H.H	
FORMATO DE FICHA TÉCNICA				Área total 74 m ²							
 La caña guadúa como recurso de la envolvente en la vivienda urbana unifamiliar de la ciudad de Portoviejo para propiciar el confort climático. 	ILUMINACIÓN	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA		
		REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR		
		BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA		
RESPONSA BLES	VENTILACIÓN	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA		
VIVIENDA		REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR		
DIRECCIÓN		BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA		
Nº DE PISOS	TEMPERATURA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA		
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS		MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA		
		BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA		
ESTRUCTURA	HUMEDAD	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO		
CUBIERTA		ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA		
PISO		MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA		
PAREDES		BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA		
RECUBRIMIENTO DE PISOS	OBSERVACIONES:								TEMPERATURA °C		
RECUBRIMIENTO DE PAREDES									ALTA 35 - 26 °C		
ESCALERAS									MEDIA 26 - 18 °C		
UBICACIÓN GENERAL				AREAS EXTERIORES				ANEXOS:			
1° 3'32.85"S - 80°26'49.95"O				VENTILACIÓN				 			
				TEMPERATURA				 			
				VEGETACIÓN							
				BUENA							
				REGULAR							
				MALA							
				INEXISTENTE							

Análisis de la vivienda 1

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

El análisis de la vivienda 1, representa la incidencia solar en los meses de abril, mayo, junio y julio siendo las temperaturas más altas en abril (equinoccio de invierno). Se ejecutó el análisis en las siguientes horas de incidencia solar:

A las 8:00 AM, en los meses de abril, mayo, junio y julio la salida del sol es del Noreste al Noroeste, pero se puede observar que la mayor incidencia solar se proyecta en la parte lateral derecha de la vivienda

afectando directamente a la fachada sin protección alguna.

A las 12:00 PM, se pudo constatar que la mayor incidencia solar se dio directamente en la parte superior de la vivienda, proyectando la radiación solar a la cubierta a dos aguas.

A las 18:00 PM, se evidenció la proyección solar que ya incide directamente en la fachada principal.

Tabla 11. Descripción de materiales de la vivienda -1

VIVIENDA 1					
MATERIALIDAD					
DESCRIPCIÓN DE MATERIALES					
PAREDES	H.A	BLOQUE	LADRILLO	MADERA	OTROS
PISO	H.A	MADERA	CERÁMICA		OTROS
CUBIERTA	H.A	MADERA Y GYPSUM	ZINC		OTROS
VENTANAS	ALUMINIO Y VIDRIO	HIERRO FORJADO	MADERA Y VIDRIO		OTROS

Fuente: Ficha de observación. [28, junio, 2019].

Tabla 12. Análisis de la vivienda-1 según temperatura, humedad y velocidad de los vientos en diferentes días y meses del año.

MES DE ABRIL																				
VIVIENDA 1 - SEGUNDO VICTOR SALTOS ZAVALA																				
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)													TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg		
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS							
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL				
1/4/2019	27,9	29,3	28	28,40	0,5	1,1	1,6	1,07	0	0,9	1,1	0,67	0,3	0,8	1,1	0,73				
9/4/2019	29,9	36	30,9	32,40	0	1,4	1,7	1,03	0	0,6	1,3	0,63	0	0,8	1	0,60				
17/4/2019	29,1	31,4	29,9	30,13	0,9	1,3	1,6	1,27	0,5	0,3	0,9	0,57	0,5	0,2	0,8	0,50				
25/4/2019	29,5	30,9	29,8	30,07	0,7	1,1	1,3	1,03	0,3	0,2	0,67	0,39	0,34	0,44	0,85	0,54				
29/4/2019	27,9	31,10	29,8	29,60	0,5	1,1	1,4	1,00	0	0,4	1	0,47	0,2	0,3	0,9	0,47				
TOTAL °C				30,12					1,08					0,54				0,57	2,19	
EXTERIOR									INTERIOR											
TEMPERATURA °C					HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C					HUMEDAD RELATIVA						
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL				
1/4/2019	27,8	29,7	28,2	28,57	75%	80%	55%	70,00%	27,9	29,2	28,5	28,53	73%	70%	65%	69,33%				
9/4/2019	29,7	36,8	30	32,17	62%	52%	63%	59,00%	29,9	33,8	29,9	31,20	64%	54%	66%	61,33%				
17/4/2019	29	31,5	30	30,17	72%	79%	71%	74,00%	29,7	30,7	29,5	29,97	67%	78%	72%	72,33%				
25/4/2019	29,1	31	29,5	29,87	72%	78%	70%	73,33%	29,5	31,1	27	29,20	66%	76%	70%	70,67%				
29/4/2019	27,2	29,7	28,4	28,43	73%	69%	65%	69,00%	27,7	29,5	28,1	28,43	75%	70%	55%	66,67%				
TOTAL °C				29,84					69,07%						29,47					68,07%

Continua Tabla 12

MES DE MAYO																	
VIVIENDA 1 - SEGUNDO VICTOR SALTOS ZAVALA																	
VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)																	
TEMPERATURA RADIANTE °C					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS				TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
7/5/2019	30,1	29,8	31,7	30,53	0	1,34	1,78	1,04	0	0,75	1,04	0,6	0	0,75	1,04	0,6	
15/5/2019	29,8	30,5	29,8	30,03	1,03	0,49	1,54	1,02	0,45	0,22	0,86	0,51	0,45	0,22	0,86	0,51	
23/5/2019	28,9	30,7	29,8	29,8	1,05	0,34	1,56	1,00	0,43	0,31	0,86	0,53	0,43	0,31	0,86	0,53	
27/5/2019	29,9	30,1	29,2	29,73	0,9	1,25	1,54	1,23	0,45	0,39	0,89	0,58	0,45	0,39	0,89	0,58	
TOTAL °C				30,03				1,0725				0,55				0,55	2,18
EXTERIOR									INTERIOR								
TEMPERATURA °C					HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
7/5/2019	30,1	27,6	29,6	29,10	68%	63%	69%	67%	28,1	29,1	30,1	29,10	70%	61%	67%	66%	
15/5/2019	27,8	31,3	29,8	29,53	68%	63%	66%	68%	26,5	29,5	29,5	28,50	68%	55%	66%	63%	
23/5/2019	27,8	29,7	28,6	28,70	70%	75%	77%	74%	27,5	30,5	29,9	29,30	66%	78%	69%	71%	
27/5/2019	28,3	30,6	28,7	29,20	62%	54%	58%	58%	28,7	30,2	29,7	29,53	61%	57%	59%	59%	
TOTAL °C				29,13				67%				29,11				65%	

Continua Tabla 12

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

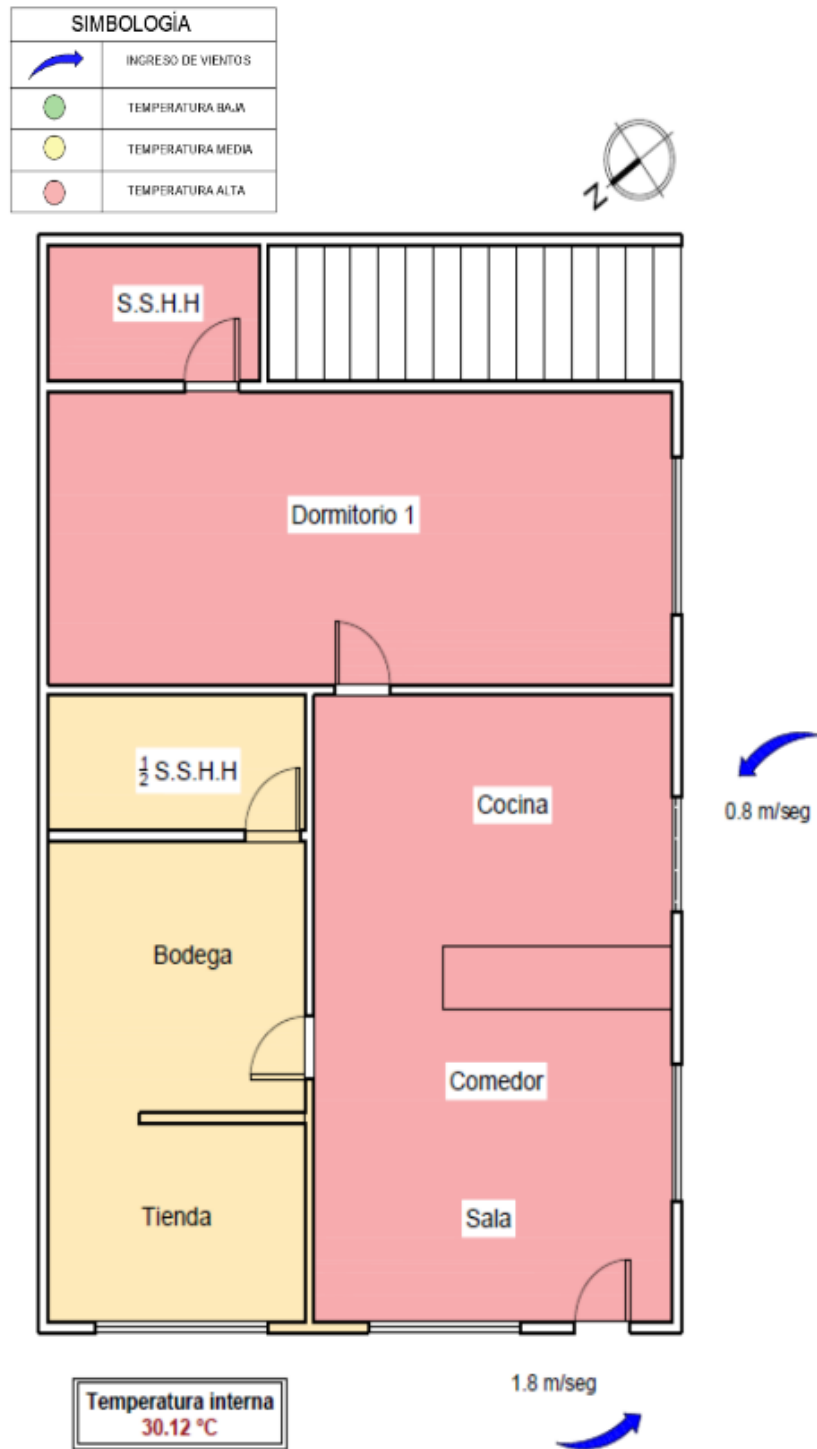
MES DE JUNIO																	
VIVIENDA 1 - SEGUNDO VICTOR SALTOS ZAVALA																	
TEMPERATURA RADIANTE °C				VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)												TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg	
				EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
3/6/2019	29,10	29,11	28,07	28,96	0	1,39	1,79	1,06	0	0,76	1,03	0,6	0	0,76	1,03	0,6	
10/6/2019	28,89	28,00	28,01	28,36	0	1,48	1,83	1,1	0	0,89	1,12	0,67	0	0,89	1,12	0,67	
17/6/2019	26,83	29,00	29,01	28,31	1,03	0,49	1,56	1,03	0,45	0,22	0,89	0,52	0,45	0,22	0,89	0,52	
24/6/2019	27,70	32,10	30,06	30,12	0,89	1,3	1,56	1,25	0,45	0,31	0,94	0,57	0,45	0,31	0,94	0,57	
TOTAL °C				28,94				1,11				0,59				0,59	2,29
EXTERIOR								INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
3/6/2019	26,6	30,6	28,7	28,63	69%	64%	66%	66,33%	26,6	30,6	28,7	28,63	70%	65%	67%	67,33%	
10/6/2019	26,4	30,3	28,5	28,40	68%	62%	65%	65,00%	26,6	30,4	29,1	28,70	68%	65%	66%	66,33%	
17/6/2019	25,6	27,8	26,3	26,57	75%	68%	53%	65,33%	25,9	27,1	26,5	26,50	73%	70%	65%	69,33%	
24/6/2019	28,7	41,5	26,2	32,13	65%	44%	70%	59,67%	28,9	42,7	26,7	32,77	67%	45%	66%	59,33%	
TOTAL °C				28,93				64,08%				29,15				65,58%	

Continua Tabla 12

MES DE JULIO																			
VIVIENDA 1 - SEGUNDO VICTOR SALTOS ZAVALA																			
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)												TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg		
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS						
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL			
1/7/2019	29,30	29,10	28,06	29,00	0	1,3	1,8	1,03	0	0,7	1	0,57	0	0,7	1	0,57			
9/7/2019	28,75	28,10	28	28,28	0	1,4	1,8	1,07	0	0,8	1,1	0,63	0	0,8	1,1	0,63			
17/7/2019	27,70	29,20	29,04	28,77	1,05	0,5	1,56	1,04	0,5	0,25	0,89	0,55	0,5	0,25	0,9	0,55			
25/7/2019	27,60	29,90	29,07	29,07	0,9	1,35	1,6	1,28	0,5	0,35	0,97	0,61	0,55	0,35	0,95	0,62			
TOTAL °C				28,78					1,11					0,59				0,59	2,29
EXTERIOR									INTERIOR										
TEMPERATURA °C					HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA						
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL			
1/7/2019	27,2	30,5	29	28,90	68%	65%	67%	66,67%	27,8	29,9	28,9	28,87	69%	66%	68%	67,67%			
9/7/2019	26,3	29,5	28,7	28,17	69%	63%	64%	65,33%	26,9	29,7	29,5	28,70	67%	66%	69%	67,33%			
17/7/2019	27,5	28,1	28,05	28,03	66%	69%	65%	66,67%	27,1	28,3	27,5	27,63	70%	67%	68%	68,33%			
25/7/2019	27,9	29,8	28,9	28,87	67%	63%	69%	66,33%	29,2	29,7	28,6	29,17	68%	69%	70%	69,00%			
TOTAL °C				28,49					66,25%					28,59				68,08%	

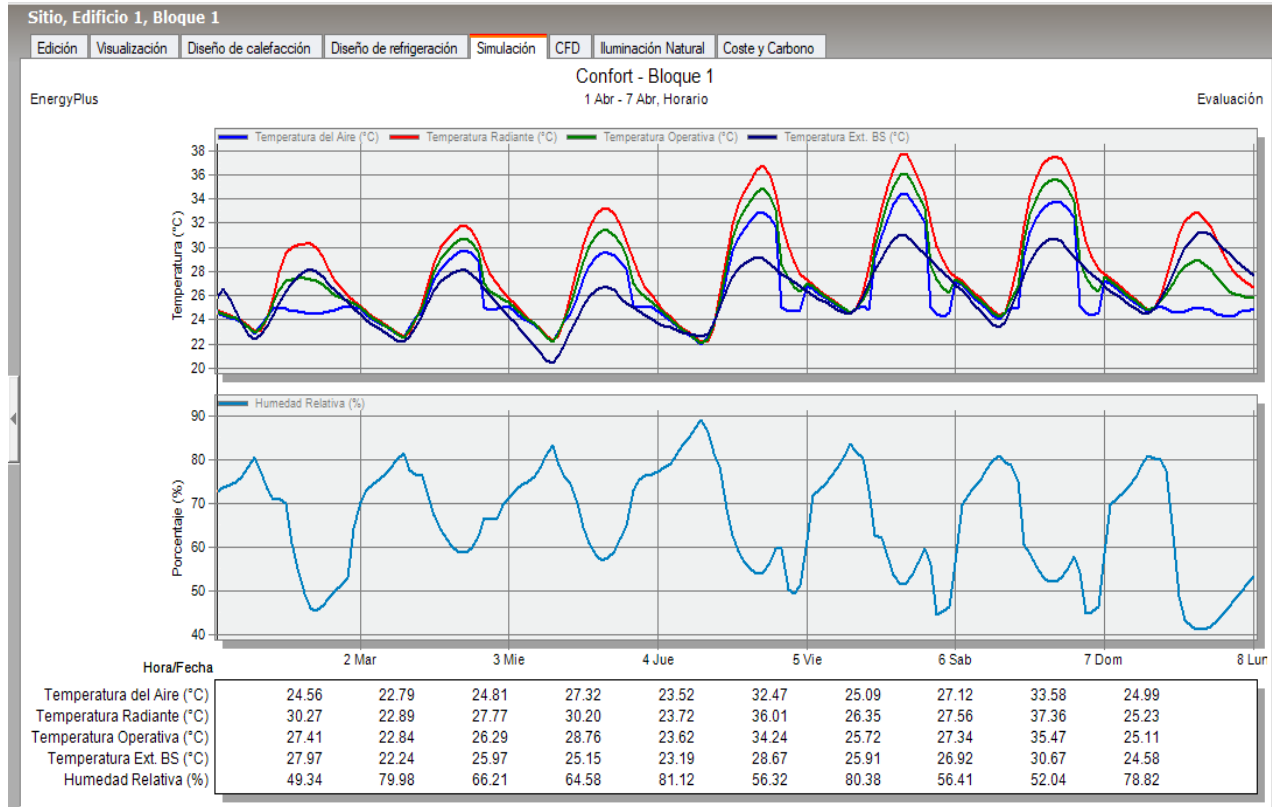
Fuente: Ficha de observación

Figura 64. Planta arquitectónica de la vivienda tipo 1. Portoviejo. Provincia de Manabí.
República del Ecuador. (2019).



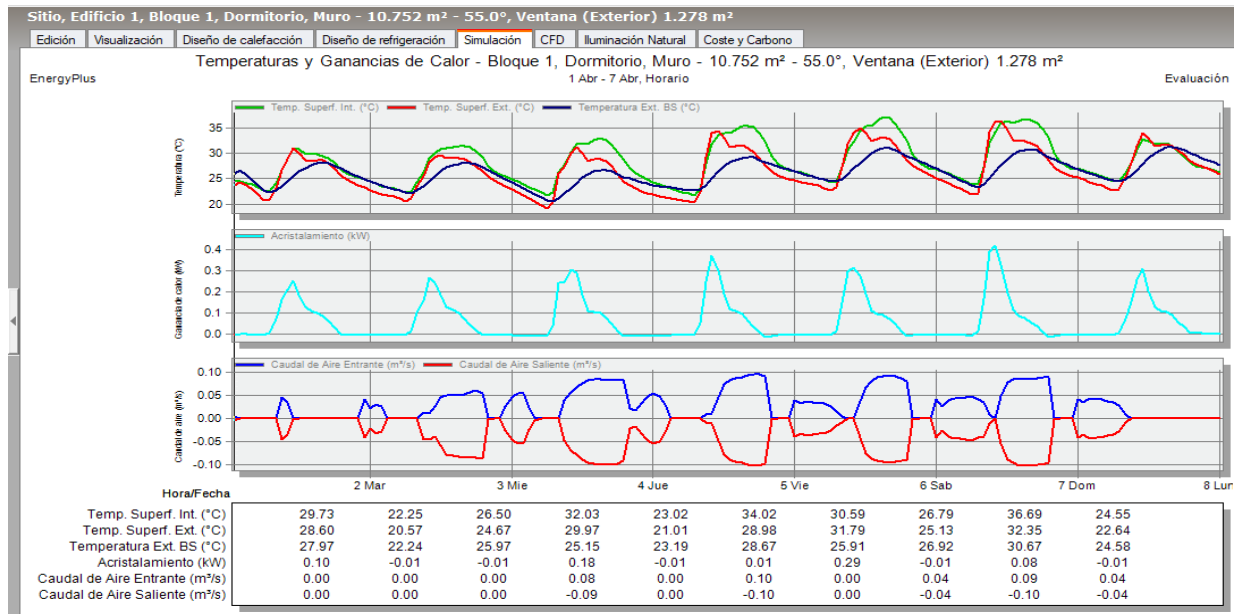
Análisis Bioclimático

Figura 65. Gráficos de confort de la vivienda tipo 1. Portoviejo.



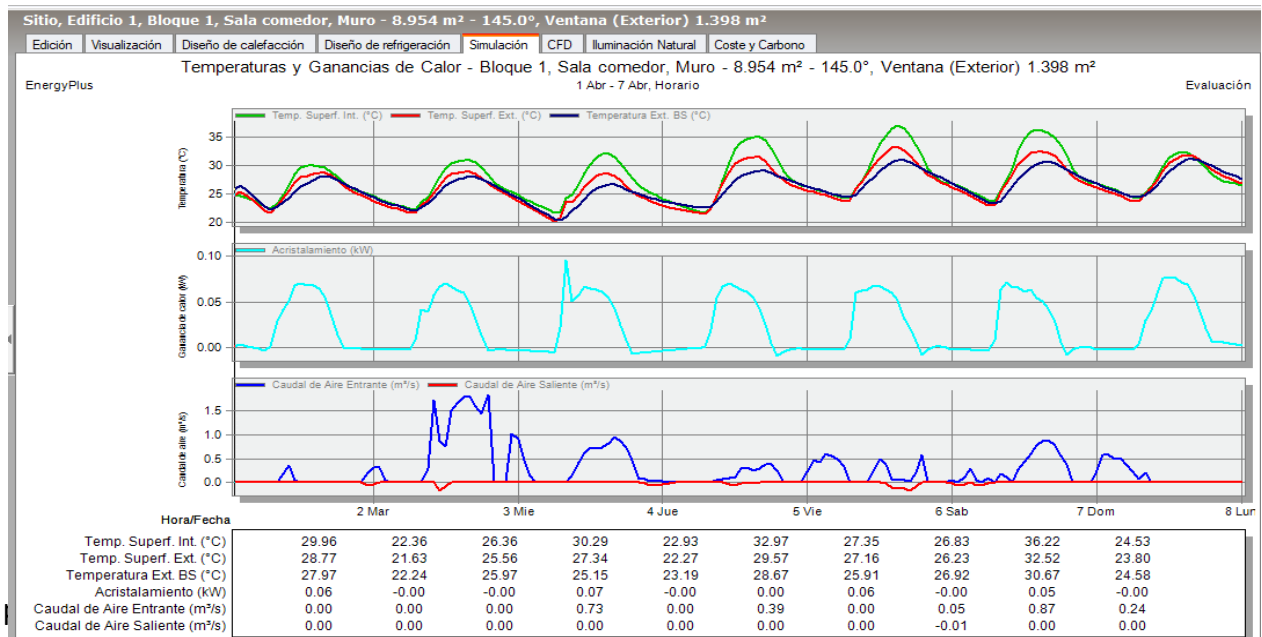
Gráficos de confort: de la semana del 1 al 7 de abril a nivel general de la vivienda, indica las temperaturas en °C y los porcentajes de Humedad Relativa en Gráficos y tablas. Las temperaturas muestran ciertos valores elevados del rango de confort al igual de el porcentaje de Humedad Relativa.

Figura 66. Gráfico de la Temperatura, Ganancias de calor y Caudales de Aire en una ventana: Dormitorio.



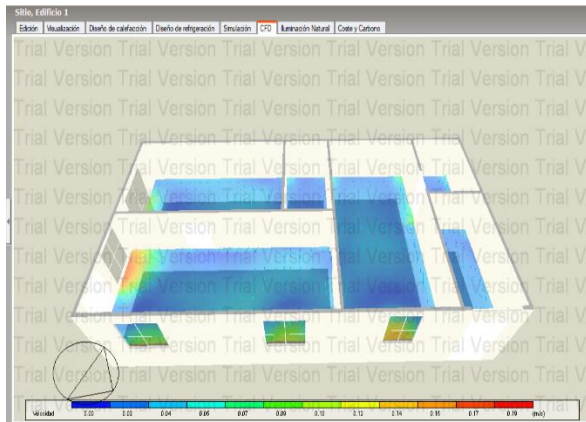
La calidad del aire en esta zona es baja, los valores son mínimos y no superan los 0.10m3/s. Sin embargo, hay equilibrio de caudales, entra y sale el mismo caudal.

Figura 67. Gráfico de la Temperatura, Ganancias de calor y Caudales de Aire en una ventana: Sala.



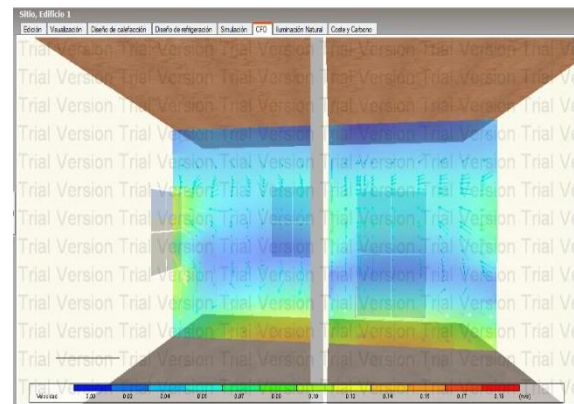
ventana de la sala de la pared frontal. Hay no.

**Figura 68. Gráfico de vectores de velocidad
(m/s)**



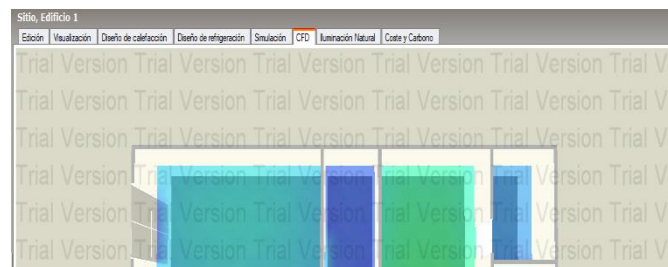
Vista de un corte en planta de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril. Muestra valores bajos admisibles en cuanto a la velocidad del aire.

**Figura 69. Vista de los contornos de
velocidad del viento del día 4 de abril**



Muestra valores bajos admisibles en cuanto a la velocidad del aire.

**Figura 70. Datos PMV (Predicted mean vote)
rangos de valores entre neutral a cálido,
desde una altura referente al plano de
trabajo (0.90m).**



3.3.2. Vivienda tipo 2-Ciudadela el Maestro-Calle Atanasio Santos y 1 de enero

1° 2'31.09"S- 80°27'54.60"O

Figura 71. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda tipo 2 Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).

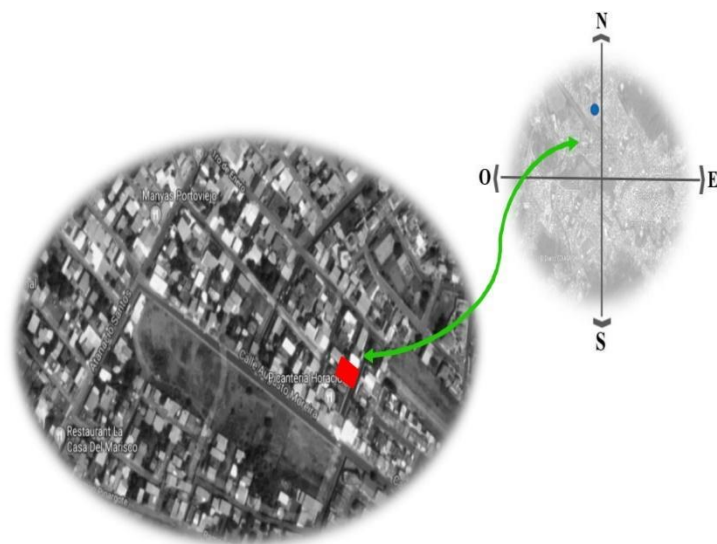








Figura 72. Vivienda del señor Jorge Luis Farfán. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).



Ficha de observación vivienda 2

Figura 73. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda tipo 2. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.

UNIVERSIDAD PARTICULAR SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO		ÁREAS																																			
CARRERA DE ARQUITECTURA		SALA	COMEDOR	COCINA	LAVANDERIA	1/2 S.S.H.H	DORMITORI 01	S.S.H.H	DORMITORI 02	S.S.H.H	DORMITORI 03	S.S.H.H	CUARTO DE ESTUDIO																								
FORMATO DE FICHA TÉCNICA		Área total: 137,0 m ²																																			
 <p>La caña guadúa como revestido de la envolvente en la vivienda urbana unifamiliar de la ciudad de Portoviejo para propiciar el confort climático.</p> 		BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA																							
RESPONSA BLES		REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR																								
VIVIENDA		BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA																								
DIRECCIÓN		INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE	INCIDENTE																								
VENTILACIÓN		BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA																								
TEMPERATURA		REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR																								
Nº DE PISOS		BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA																								
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS		PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO																								
ESTRUCTURA	H.A. ACERO MADERA MIXTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA																								
CUBIERTA	LOSA ZINC MIXTO OTROS	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA																								
PISO	H.S. MADERA OTROS	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA																								
PAREDES	H.A. BLOQUE LADRILLO MADERA OTROS	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO																								
RECUBRIMIENTO DE PISOS	PORCELANATO CERÁMICA PINTURA EPÓXICA OTROS	OBSERVACIONES:																																			
RECUBRIMIENTO DE PAREDES	PINTURA CERÁMICA ENLUCIDO OTROS	ANEXOS:																																			
ESCALERAS	METÁLICAS H.A. OTROS	<table border="1"> <tr> <td>TEMPERATURA</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ALTA</td> <td>35 - 26 °C</td> </tr> <tr> <td>MEDIA</td> <td>26 - 18 °C</td> </tr> <tr> <td>BAJA</td> <td>18 y 15 °C</td> </tr> </table>											TEMPERATURA	°C	ALTA	35 - 26 °C	MEDIA	26 - 18 °C	BAJA	18 y 15 °C																	
TEMPERATURA	°C																																				
ALTA	35 - 26 °C																																				
MEDIA	26 - 18 °C																																				
BAJA	18 y 15 °C																																				
UBICACIÓN GENERAL		ÁREAS EXTERIORES		<table border="1"> <tr> <td>VENTILACIÓN</td> <td>BUENA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td></td> <td>BAJA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>INCIDENTE</td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA</td> <td>ALTA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>MEDIA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>BAJA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>PROMEDIO</td> </tr> <tr> <td>VEGETACIÓN</td> <td>BUENA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td></td> <td>BAJA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>INCIDENTE</td> </tr> </table>										VENTILACIÓN	BUENA		REGULAR		BAJA		INCIDENTE	TEMPERATURA	ALTA		MEDIA		BAJA		PROMEDIO	VEGETACIÓN	BUENA		REGULAR		BAJA		INCIDENTE
VENTILACIÓN	BUENA																																				
	REGULAR																																				
	BAJA																																				
	INCIDENTE																																				
TEMPERATURA	ALTA																																				
	MEDIA																																				
	BAJA																																				
	PROMEDIO																																				
VEGETACIÓN	BUENA																																				
	REGULAR																																				
	BAJA																																				
	INCIDENTE																																				
		  																																			

Análisis de la vivienda 2

Tabla 13. Descripción de materiales de la vivienda -2

VIVIENDA 2					
MATERIALIDAD					
DESCRIPCIÓN DE MATERIALES					
PAREDES	H.A	BLOQUE	LADRILLO	MADERA	OTROS
PISO	H.A	MADERA	CERÁMICA	OTROS	
CUBIERTA	H.A	MADERA	ZINC	OTROS	
VENTANAS	ALUMINIO Y VIDRIO	HIERRO FORJADO	MADERA Y VIDRIO	OTROS	

Fuente: Ficha de observación

El análisis de la vivienda 2, representa la incidencia solar en los meses de abril, mayo, junio y julio siendo las temperaturas más altas en abril (equinoccio de invierno).

Se ejecutó el análisis en las siguientes horas de incidencia solar:

A las 8:00 AM, en los meses de abril, mayo, junio y julio la salida del sol es del Noreste al Noroeste, pero se puede observar que la mayor incidencia solar se proyecta en la parte lateral izquierda de la vivienda afectando directamente a la fachada sin ninguna protección alguna.

A las 12:00 PM, se pudo constatar que la mayor incidencia solar se dio directamente en la parte superior de la vivienda, proyectando la radiación solar a la cubierta plana.

A las 18:00 PM, se evidenció que la proyección solar que incide directamente en la fachada lateral derecha, pudimos observar que el área externa de la vivienda se encuentra arborización que sirve como protección de los rayos solares y ayuda al comportamiento interno de la casa.

Tabla 14. Análisis de la vivienda-2 según temperatura, humedad y velocidad de los vientos en diferentes días y meses del año.

MES DE ABRIL																		
VIVIENDA 2 - BEATRIZ FARFÁN																		
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)													TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS					
DIAS	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL		
4/4/20 19	30, 1	36, 4	31, 1	32,5 3	0,4	0,9	1,1	0,8	0,2	0,6	0,5	0,43	0,3	0,5	0,6	0,47		
8/4/20 19	29, 9	37, 1	30, 6	32,5 3	0	0,5	2	0,83	0	0	1,7	0,57	0	0	1,5	0,50		
16/4/2 019	29, 8	33, 6	29, 7	31,0 3	0,3	0,4	1,8	0,83	0	0	1,2	0,4	0	0	1,1	0,37		
24/4/2 019	30, 4	38, 3	30, 5	33,0 7	0,7	0,9	1	0,87	0,5	0,6	0,7	0,6	0,4	0	0,5 5	0,32		
2/5/20 19	30, 2	34, 7	30, 6	31,8 3	0,4	1,1	1,6	1,03	0	0,3	1,2	0,5	0,5	0,6	1,2	0,77		
TOTAL °C				32,2 0				0,87				0,5				0,48	1,86	
EXTERIOR									INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA						
DIAS	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL		
4/4/20 19	30, 2	36, 1	30	32,1 0	70 %	69 %	63 %	0,67	30, 5	35, 6	30, 9	32,3 3	66 %	76 %	59 %	0,67		
8/4/20 19	30, 1	36, 7	30, 8	32,5 3	58 %	52 %	57 %	0,56	30	36, 5	31, 2	32,5 7	60 %	59 %	57 %	0,59		
16/4/2 019	29, 9	32, 4	29, 1	30,4 7	67 %	64 %	69 %	0,67	29, 8	33, 1	29, 8	30,9	68 %	66 %	72 %	0,69		
24/4/2 019	30, 3	37, 9	30, 1	32,7 7	61 %	54 %	58 %	0,58	30, 5	38, 3	30, 3	33,0 3	63 %	61 %	58 %	0,61		
2/5/20 19	30, 1	34, 1	30, 3	31,5 0	68 %	68 %	68 %	68,0 0%	29, 9	34, 5	30, 9	31,7 7	68 %	57 %	72 %	65,6 7%		
TOTAL °C				31,8 7				61,8 3%				32,1 2				69,1 3%		

Continua Tabla 14

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Continua Tabla 14

MES DE MAYO																	
VIVIENDA 2 - BEATRIZ FARFAN																	
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)												TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS				
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
6/5/2019	30,3	33,3	30,7	31,43	0,4	0,75	1	0,72	0,4	0,34	0,6	0,45	0,4	0,43	0,6	0,48	
14/5/2019	30,7	32,4	31,1	31,40	0,3	0	1,9	0,73	0,25	0	2,5	0,92	0,15	0	1,25	0,47	
22/5/2019	30,5	32,5	31,8	31,60	0,35	0,45	2,0	0,93	0,2	0,5	1,3	0,67	0,25	0,5	1,45	0,73	
30/5/2019	30,9	35,1	31,2	32,40	1	0,35	0,75	0,7	1	0,25	0,45	0,57	0,6	0,15	0,35	0,37	
TOTAL °C				31,71				0,77				0,65				0,51	1,93
EXTERIOR								INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
6/5/2019	29,9	33,3	30,3	31,17	71%	77%	78%	75,33%	30,2	33,8	30,1	31,37	67%	78%	72%	72,33%	
14/5/2019	30,1	31,9	30,9	30,97	70%	61%	63%	64,67%	30,5	32,9	31	31,47	66%	58%	68%	64,00%	
22/5/2019	29,9	31,9	31,2	31,00	62%	53%	62%	59,00%	30,2	31,4	31,2	30,93	65%	55%	67%	62,33%	
30/5/2019	30,5	33,1	29,9	31,17	64%	52%	60%	58,67%	30	33	30,9	31,3	62%	55%	58%	58,33%	
TOTAL °C				31,08				64,42%				31,27				64,25%	

Continua Tabla 14

MES DE JUNIO																	
VIVIENDA 2 - BEATRIZ FARFAN																	
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)												TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS				
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
6/6/2019	28,78	29,07	28,04	28,96	0,36	0,89	1,03	0,76	0,31	0,45	0,54	0,43	0,31	0,45	0,54	0,43	
10/6/2019	29,26	31,31	32,08	30,92	0	0	2,55	0,85	0	0	2,1	0,7	0	0	1,34	0,45	
18/6/2019	28,55	30,09	31,09	30,19	0,45	0,4	2,01	0,95	0	0	1,39	0,46	0	0	1,39	0,46	
25/6/2019	27,39	27,37	27,2	27,30	1,25	0,54	0,89	0,89	0,58	0	0,31	0,3	0,58	0	0,31	0,3	
TOTAL °C				29,34				0,8642				0,47				0,41	1,75
EXTERIOR								INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
6/6/2019	27	29,5	28	28,17	71%	78%	78%	73,00%	26,7	29,7	27,5	27,97	66%	77%	71%	71,33%	
10/6/2019	29,7	33,8	29,5	31,00	62%	52%	62%	58,67%	29,9	34,1	28,8	30,93	64%	54%	64%	60,67%	
18/6/2019	28,4	31,8	28,2	29,47	61%	51%	62%	58,00%	28,7	32,1	28,2	29,67	63%	53%	65%	60,33%	
25/6/2019	28,2	33,5	28,6	30,10	61%	50%	57%	56,00%	28,5	31,1	28,8	29,47	60%	53%	56%	56,33%	
TOTAL °C				29,68				61,42%				29,51				62,17%	

Continua Tabla 14

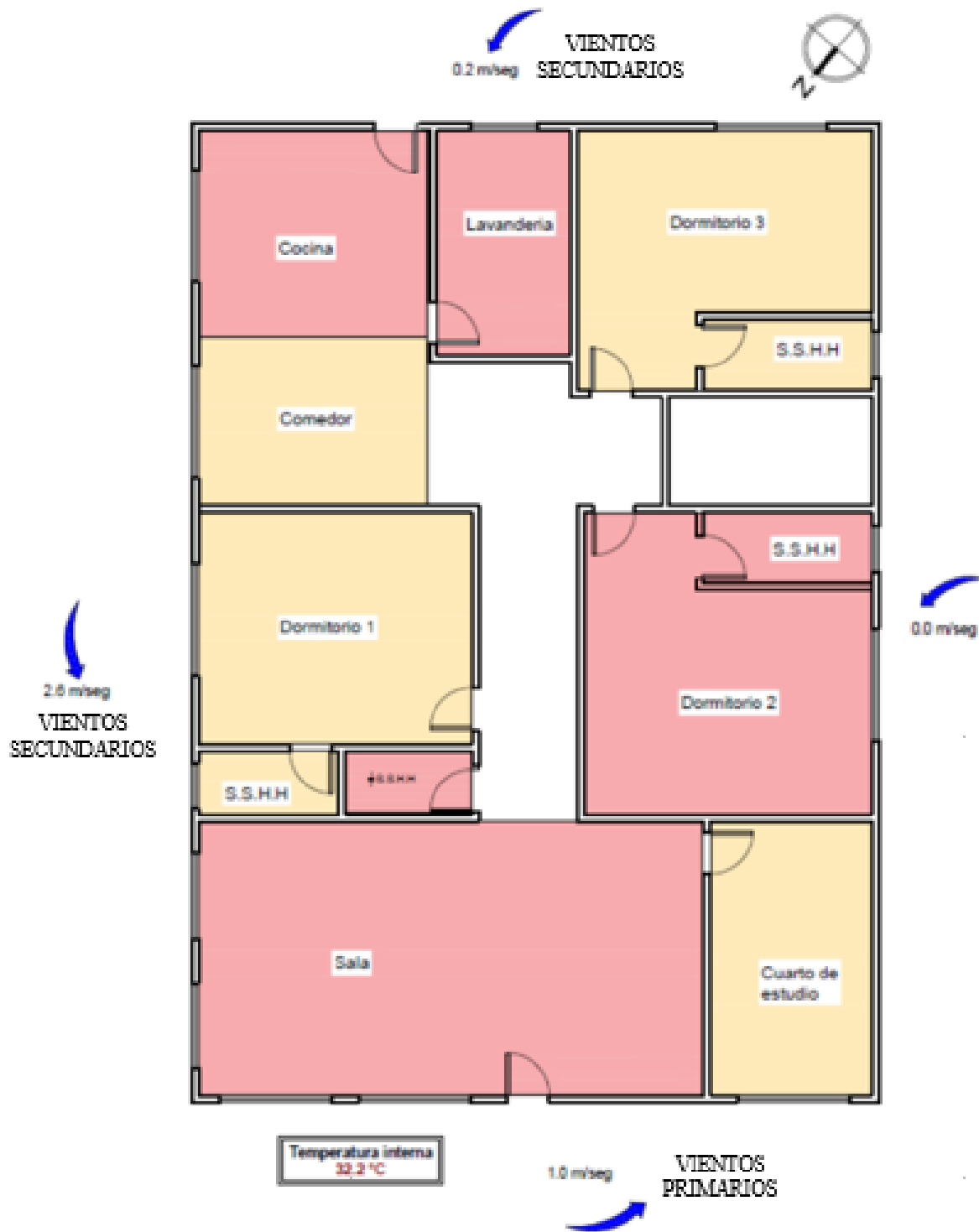
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

MES DE JULIO																	
VIVIENDA 2 – BEATRIZ FARFAN																	
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)												TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS				
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	
4/7/2019	28,55	29,6	28,6	28,92	0,4	0,9	1,5	0,93	0,35	0,55	0,6	0,5	0,35	0,5	0,6	0,48	
8/7/2019	29,35	30,1	30,9	30,12	0	0	2,6	0,87	0	0	2,5	0,83	0	0	1,4	0,47	
16/7/2019	28,67	29,9	30,8	29,79	0,45	0,4	2,1	0,98	0	0	1,45	0,48	0	0	1,55	0,52	
24/7/2019	28,75	27,8	28,2	28,25	1,3	0,6	0,75	0,98	0,6	0	0,35	0,32	0,63	0	0,35	0,33	
TOTAL °C				29,27				0,9167				0,53				0,45	1,9
EXTERIOR								INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	
4/7/2019	27,5	29,8	28,5	28,60	69%	75%	69%	71,00%	27,3	29,6	28,4	28,43	67%	69%	70%	68,67%	
8/7/2019	29,5	30,2	30,1	29,93	65%	67%	66%	66,00%	28,9	29,9	28,9	29,23	67%	68%	69%	68,00%	
16/7/2019	28,9	29,8	28,7	29,13	63%	65%	67%	65,00%	28,7	30,1	28,9	29,23	65%	68%	66%	66,33%	
24/7/2019	28,5	30,3	29,47	29,47	62%	66%	68%	65,33%	28,9	29,9	29,5	29,43	61%	66%	67%	64,67%	
TOTAL °C				29,28				66,83%				29,08				66,92%	

Fuente: Ficha de observación

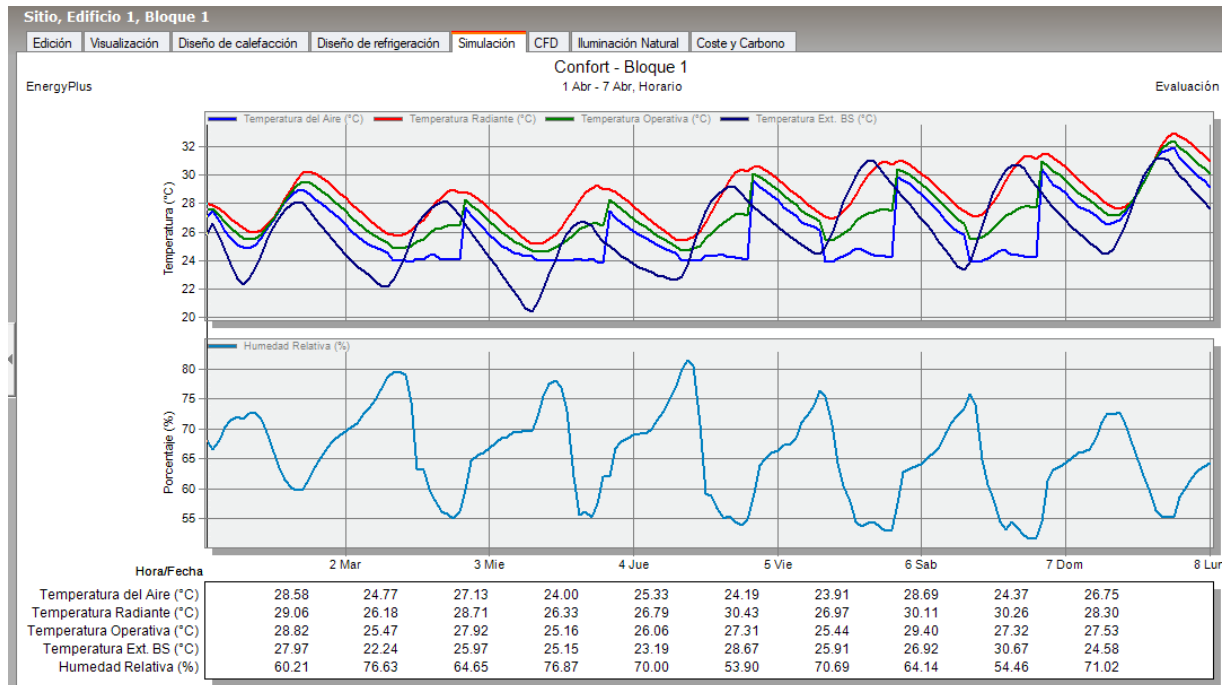
Temperatura interna e ingresos de vientos.

Figura 74. Planta arquitectónica de la vivienda tipo 2. Portoviejo. Provincia de Manabí.
República del Ecuador. (2019).



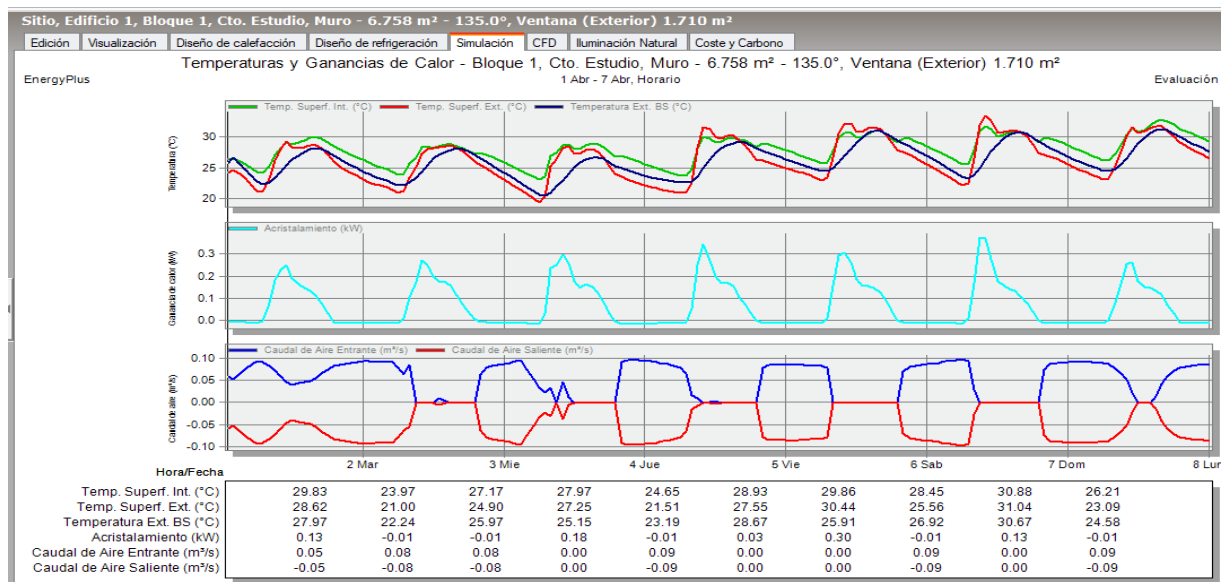
Análisis Bioclimático

Figura 75. Gráficos de confort de la vivienda tipo 2. Portoviejo.



Gráficos de confort de la semana del 1 al 7 de abril a nivel general de la vivienda Sus temperaturas se encuentran en promedios medio-altos al igual que su humedad relativa

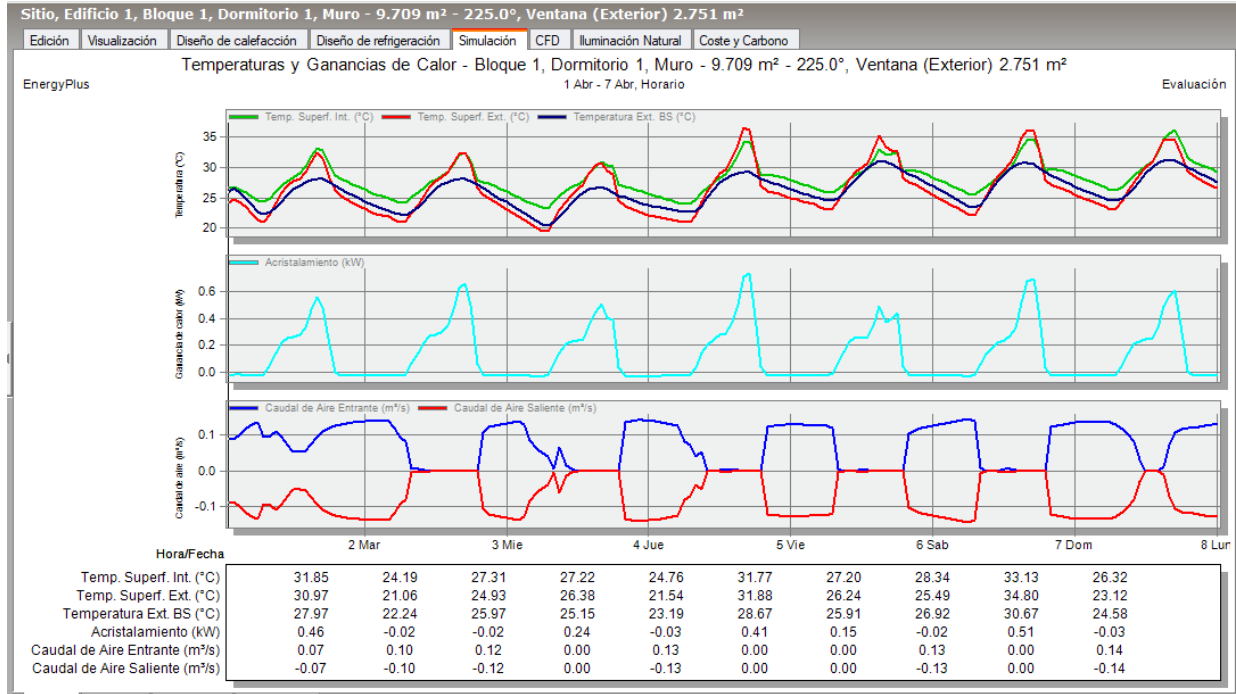
Figura 76. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del cuarto de estudio



ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
 GUADÚA COMO ENVOLVENTE

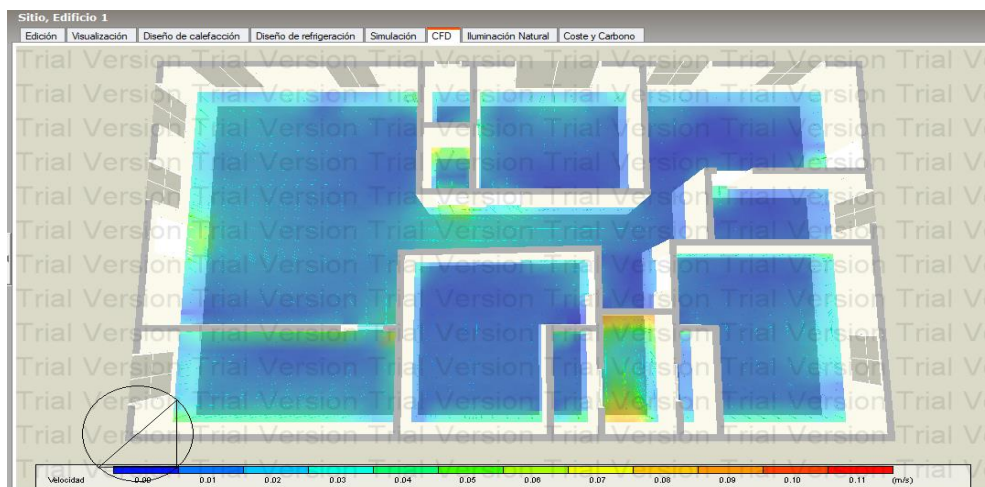
Los caudales se encuentran equilibrados sin embargo la calidad del aire es baja.

Figura 77. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 1



Los caudales se encuentran equilibrados sin embargo la calidad del aire es baja.

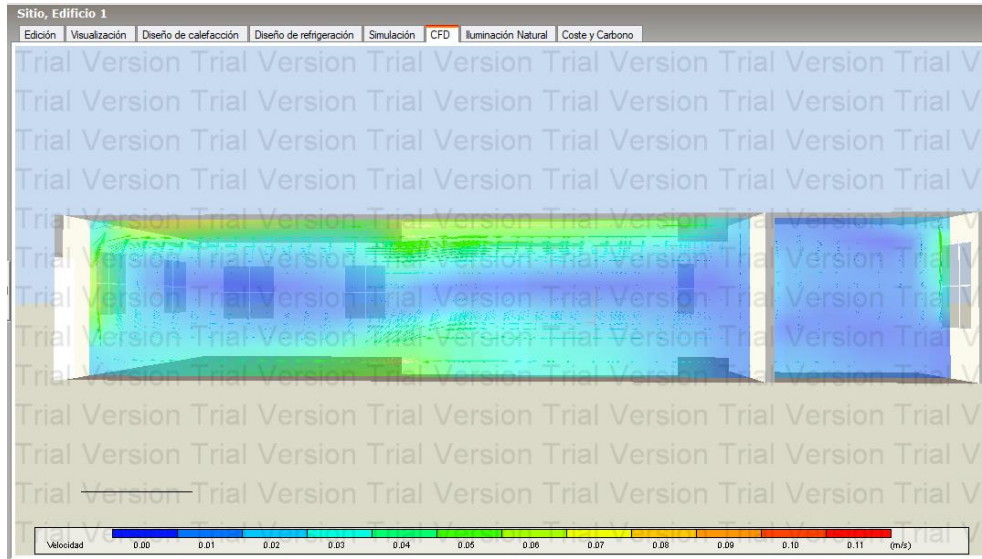
Figura 78. Gráfico de vectores de velocidad (m/s)



ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

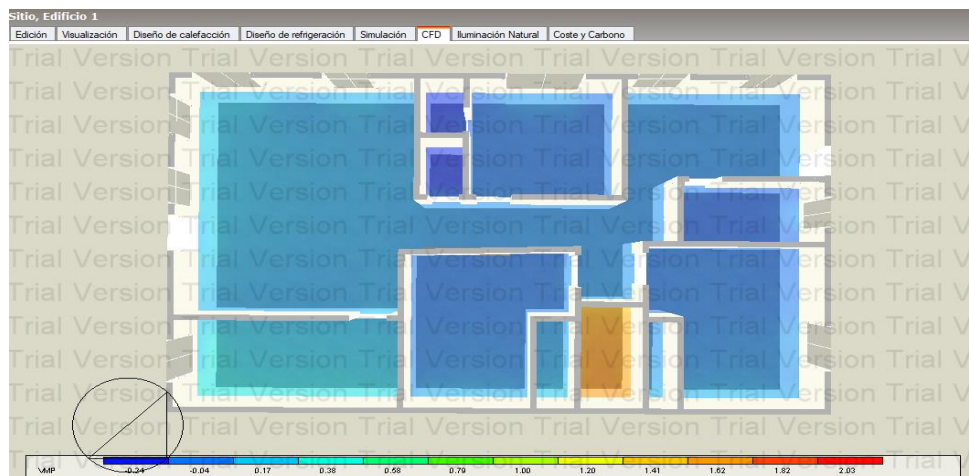
Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril. La velocidad interna de los vientos es baja no cumple lo requerido.

Figura 79. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril



La velocidad interna de los vientos es baja no cumple lo requerido.

Figura 80. Datos PMV (Predicted mean vote) rangos promedios de valores entre ligeramente fresco a ligeramente cálido, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).



3.3.3. Vivienda tipo 3-Ciudadela los Olivos

1° 3'31.63"S- 80°28'33.12"O

Figura 81. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda tipo 3. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).

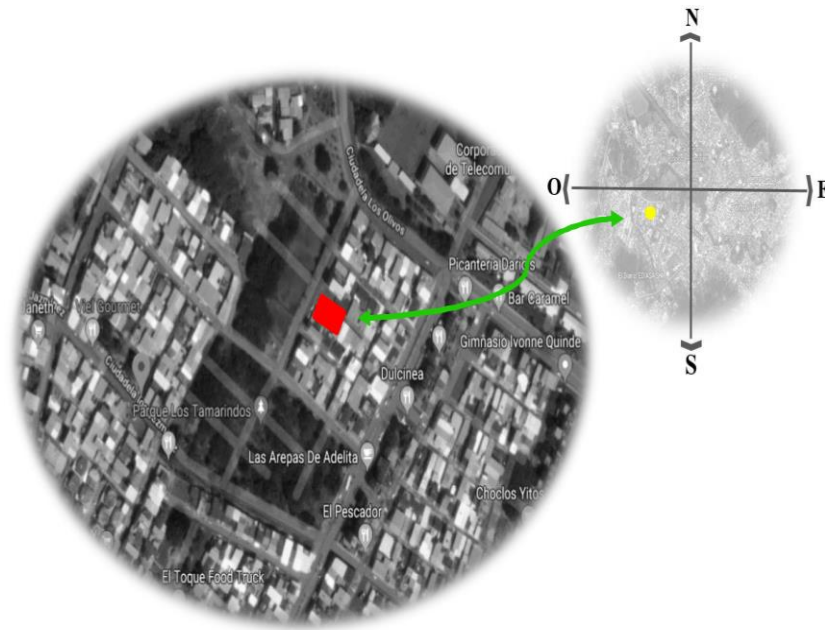






Figura 82. Vivienda del señor Jhon Páez. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).



Ficha técnica de observación vivienda-3

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Figura 83. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda tipo 3. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.

UNIVERSIDAD PARTICULAR SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO				ÁREAS															
CARRERA DE ARQUITECTURA				SALA	COMEDOR	COCINA	DORMITORIO 1	DORMITORIO 2	S.S.H.H										
FORMATO DE FICHA TÉCNICA				Área total: 67.0 m ²															
 <p>La caña guadúa como recario de la envolvente en la vivienda urbana unifamiliar de la ciudad de Portoviejo para propiciar el confort climático.</p> 	<p>RESPONSABLES: Largacha Giler Sheryla Giselle Patañel Torres Karen Adriana</p> <p>VIVIENDA: Sr. Juan Páez</p> <p>DIRECCIÓN: Ciudadela los olivos</p> <p>N° DE PISOS: 1 2 3 4 5</p>			ILUMINACIÓN		BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA								
				REGULAR		REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR									
				BAJA		BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA									
EXISTENTE		EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE									
VENTILACIÓN			BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA										
REGULAR			REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR										
BAJA			BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA										
EXISTENTE			EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE	EXISTENTE										
TEMPERATURA			ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA										
MEDIA			MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA										
BAJA			BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA										
PROMEDIO			PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO										
HUMEDAD			ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA										
MEDIA			MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA										
BAJA			BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA										
PROMEDIO			PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO										
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS				OBSERVACIONES:															
ESTRUCTURA:	H.A.	ACERO	MADERA	MIXTA	<table border="1"> <tr> <td>TEMPERATURA</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ALTA</td> <td>35 - 26 °C</td> </tr> <tr> <td>MEDIA</td> <td>26 - 18 °C</td> </tr> <tr> <td>BAJA</td> <td>18 y 15 °C</td> </tr> </table>							TEMPERATURA	°C	ALTA	35 - 26 °C	MEDIA	26 - 18 °C	BAJA	18 y 15 °C
TEMPERATURA	°C																		
ALTA	35 - 26 °C																		
MEDIA	26 - 18 °C																		
BAJA	18 y 15 °C																		
CUBIERTA:	LOSA	ZINC	MIXTO	OTROS															
PISO:	H.S.	MADERA	OTROS																
PAREDES:	H.A.	BLOQUE	LADRILLO	MADERA	OTROS														
RECUBRIMIENTO DE PISOS:	PORCELANATO	CERÁMICA	PINTURA EPÓXICA	OTROS															
RECUBRIMIENTO DE PAREDES:	PINTURA	CERÁMICA	ENLUCIDO	OTROS	ÁREAS EXTERIORES				ANEXOS:										
ESCALERAS:	METÁLICAS	H.A.	OTROS																
UBICACIÓN GENERAL				<p>1° 31.63'S- 80°28'33.12"O</p> 															
				VENTILACIÓN		BUENA													
				REGULAR															
				MALA															
				INDISTINTE															
				TEMPERATURA		ALTA													
				MEDIA															
				BAJA															
				PROMEDIO															
				VEGETACION		BUENA													
REGULAR																			
MALA																			
INDISTINTE																			

Análisis de la vivienda 3

Tabla 15. Descripción de materiales de la vivienda -3

VIVIENDA 3					
MATERIALIDAD					
DESCRIPCIÓN DE MATERIALES					
PAREDES	H.A	BLOQUE	LADRILLO	MADERA	OTROS
PISO	H.A	MADERA	CERÁMICA	OTROS	
CUBIERTA	H.A	MADERA	ZINC	TEJA	
VENTANAS	ALUMINIO Y VIDRIO	HIERRO FORJADO	MADERA Y VIDRIO	OTROS	

Fuente: Ficha de observación

El análisis de la vivienda 3, representa la incidencia solar en los meses de abril, mayo, junio y julio, siendo las temperaturas más altas en abril (equinoccio de invierno). Se ejecutó el análisis en las siguientes horas de incidencia solar:

A las 8:00 AM, en los meses de abril, mayo, junio y julio, la salida del sol es del Noreste al Noroeste, pero podemos observar que la mayor incidencia solar se proyecta en la parte lateral derecha, la cual el cerramiento que posee la vivienda ayuda a

que la radiación solar no incida directamente en la fachada lateral.

A las 12:00 PM, se pudo constatar que la mayor incidencia solar se dio directamente en la parte superior de la vivienda, proyectando la radiación solar a la cubierta a dos aguas.

A las 18:00 PM, se evidenció que la proyección solar empieza a bajar y ya incide directamente en la fachada principal de la vivienda.

Tabla 16. Análisis de la vivienda-3 según temperatura, humedad y velocidad de los vientos en diferentes días y meses del año.

MES DE ABRIL																	
VIVIENDA 3 - JHON PAEZ																	
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)												TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS				
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
2/4/2019	31,1	37,8	31,6	33,50	1,3	1,4	2,8	1,83	0,6	0,8	1,2	0,87	0,7	0,7	1,1	0,83	
10/4/2019	31,6	39,6	31,8	34,33	0,8	0	0,5	0,3	0,3	0	0,5	0,27	0,5	0	0,6	0,37	
18/4/2019	32,3	37,2	32,7	34,07	1	1,2	0,8	1	0,6	0	0	0,2	0,5	0	0	0,17	
22/4/2019	31,7	39	32,4	34,20	0,7	1,1	1,4	1,07	0,4	0,5	0,8	0,57	0,3	0,5	0,9	0,57	
30/4/2019	31,3	38,7	31,1	34,03	0,5	1,2	1,5	1,07	0	0,4	1,1	0,5	0,4	0,7	1	0,70	
TOTAL °C				34,03				1,05				0,48				0,53	2,06
EXTERIOR								INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
4/4/2019	30,9	37,1	31,1	33,03	56%	64%	69%	0,63	30,9	37,2	31,2	33,1	61%	66%	67%	0,65	
8/4/2019	30,8	38,2	31,3	33,43	61%	55%	57%	0,58	31,2	39,4	31,4	34,0	63%	62%	59%	0,61	
16/4/2019	31,9	36,8	32,1	33,60	72%	65%	69%	0,69	31,1	37	32,2	33,77	73%	63%	66%	0,67	
24/4/2019	31,4	38,5	32,1	34,00	70%	71%	64%	0,68	32,3	38,7	32	34,33	66%	76%	69%	0,70	
2/5/2019	31	38,3	32	33,77	67%	47%	72%	0,62	30,9	38,2	31,8	33,63	68%	46%	69%	0,61	
TOTAL °C				33,57				62,42%				33,77				64,93%	

Continua Tabla 16

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Continua Tabla 16

MES DE MAYO																		
VIVIENDA 3 - JHON PAEZ																		
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)													TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS					
DIAS	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL		
8/5/20 19	30, 6	36, 9	30, 9	32,8 0	1,4 7	1,3 6	3,4	2,08	0,6 8	1	1,5	1,06	0,6 8	0,6 8	1,5	0,95		
16/5/2 019	30, 9	38, 4	31, 5	33,6 0	0,9 6	0	0,6 8	0,55	0,5 1	0	0,5 3	0,35	0,5 1	0	0,5 3	0,35		
20/5/2 019	31, 9	36, 4	31, 8	33,3 7	0,9 5	2,2 4	0,5 2	1,24	0,3 4	0	0	0,11	0,3 2	0	0	0,11		
28/5/2 019	31	39	31, 7	33,7 3	0,8 7	1,1 5	1,3 5	1,12	0,3 2	0,5 1	0,5 1	0,45	0,3 2	0,5 1	0,5 1	0,45		
TOTAL °C				33,3 8				1,24 58				0,49				0,46	2,2	
EXTERIOR									INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL	8:0 0	12: 00	18: 00	TOT AL		
8/5/20 19	30, 3	36, 2	30, 2	32,2 3	79 %	75 %	76 %	76,6 7%	30, 5	36, 4	30, 5	32,4 7	72 %	78 %	76 %	75,3 3%		
16/5/2 019	30, 3	38, 2	31, 1	33,2 0	66 %	67 %	71 %	68,0 0%	30, 5	38	31	33,1 7	65 %	69 %	79 %	71,0 0%		
20/5/2 019	30, 9	36, 1	31, 2	32,7 3	71 %	43 %	67 %	60,3 3%	31, 1	36, 2	31, 5	32,9 3	68 %	42 %	64 %	58,0 0%		
28/5/2 019	31, 1	38	31, 5	33,3 7	70 %	57 %	59 %	62,0 0%	31	39	31, 23	33,6 1	62 %	61 %	58 %	60,3 3%		
TOTAL °C				32,8 8						66,7 5%				33,0 4				66,1 7%

Continua Tabla 16

MES DE JUNIO																	
VIVIENDA 3 - JHON PAEZ																	
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)												TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS				
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	
4/6/2019	26,77	29,47	28,2	28,15	1,48	1,39	3,5	2,12	0,67	0,67	1,6	0,98	0,67	0,67	1,6	0,98	
12/6/2019	28,72	31,69	29,31	29,91	0,94	0	0,67	0,54	0,49	0	0,54	0,34	0,49	0	0,54	0,34	
20/6/2019	28,27	32,38	29,33	29,99	0,94	2,37	0,54	1,28	0,49	0	0	0,16	0,49	0	0	0,16	
24/6/2019	27,14	28,06	28,12	27,77	0,85	1,12	1,34	1,1	0,22	0,45	0,54	0,4	0,22	0,45	0,54	0,4	
TOTAL °C				28,96				1,2617				0,47				0,47	2,21
EXTERIOR								INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	8:00	12:00	18:00	TOT AL	
4/6/2019	28,5	24,5	23,6	25,53	83%	72%	77%	77,33%	29,3	25,4	24,6	26,43	70%	70%	72%	70,67%	
12/6/2019	25,5	27,5	24,1	25,70	65%	64%	67%	66,33%	26,1	27	25,9	26,33	67%	66%	69%	67,33%	
20/6/2019	28,7	40,3	27,3	32,10	69%	43%	65%	59,00%	28,9	41	27,4	32,43	67%	44%	62%	57,67%	
24/6/2019	27,5	31,5	28,8	29,27	59%	52%	57%	56,00%	29,9	30,3	28,6	29,60	61%	59%	58%	59,33%	
TOTAL °C				28,15				64,42%				28,7				63,75%	

Continua Tabla 16

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

MES DE JULIO																		
VIVIENDA 3 - JHON PAEZ																		
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)													TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL		
2/6/2019	26,4	29,2	27,1	27,57	1,9	1,5	3,8	2,4	0,9	0,8	1,6	1,1	0,7	0,7	1,6	1		
10/6/4670	28,9	32,9	29,8	30,53	1	0,2	0,4	0,53	0,5	0,9	0	0,47	0,2	0	0,7	0,30		
18/6/2019	28,1	32,1	29,1	29,77	0,8	0,4	2,1	1,1	0,2	0,6	0	0,27	0,6	0	0,3	0,30		
22/6/2019	26,9	28,9	27,3	27,70	0,5	1	1,8	1,1	0,3	0,6	1	0,63	0,3	0,5	0,6	0,47		
TOTAL °C				28,89				1,2833				0,62				0,52	2,42	
EXTERIOR									INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA						
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL		
2/6/2019	26,1	29,4	27	27,50	82%	71%	76%	76,33%	26,6	25,4	26,9	26,3	69%	69%	71%	69,67%		
10/6/4670	28,5	32	29,4	29,97	64%	65%	68%	65,67%	28,7	33	29,9	30,53	68%	67%	70%	68,33%		
18/6/2019	28,5	32,8	29,3	29,30	70%	44%	66%	60,00%	28,9	33,2	29	30,37	68%	45%	63%	58,67%		
22/6/2019	26,5	29,7	27,8	28,00	60%	53%	60%	57,67%	27,9	30,7	28	28,87	62%	60%	59%	60,33%		
TOTAL °C				28,92				64,92%				29,03				64,25%		

Fuente: Ficha de observación

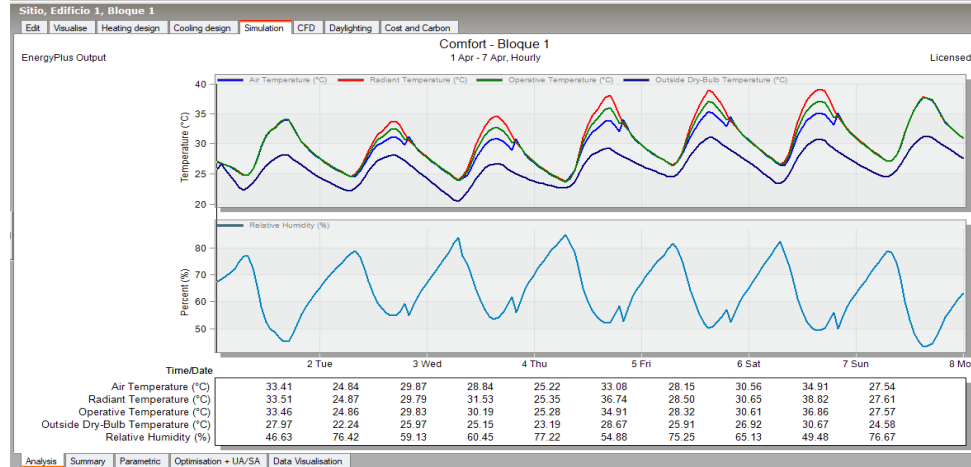
Temperatura interna e ingresos de vientos.

Figura 84. Planta arquitectónica de la vivienda tipo 3. Portoviejo. Provincia de Manabí.
República del Ecuador (2019)



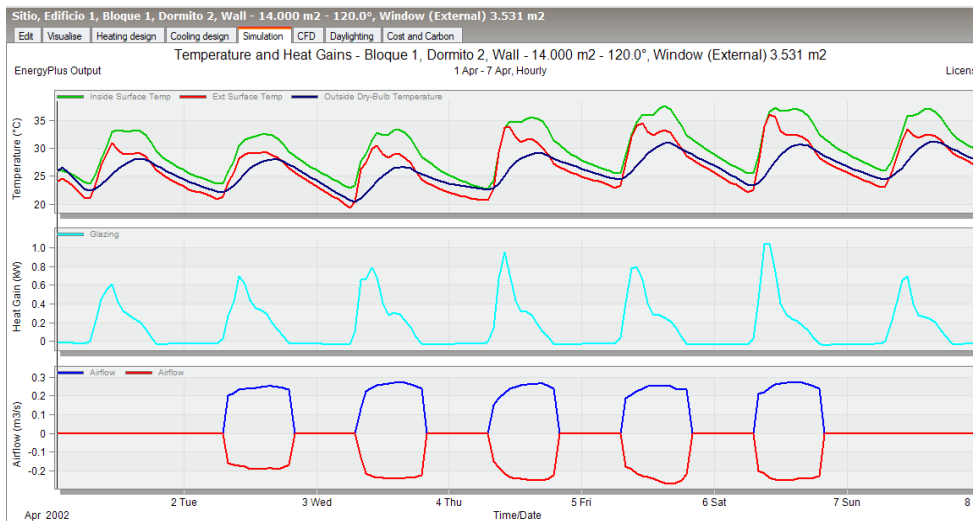
Análisis Bioclimático

Figura 85. Gráficos de confort de la vivienda tipo 3. Portoviejo.



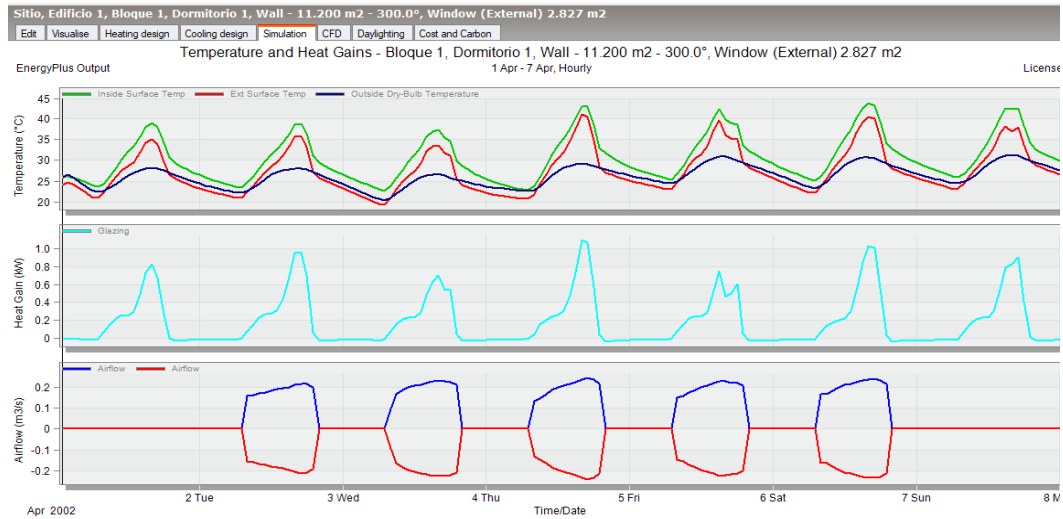
Gráficos de confort de la semana del 1 al 7 de abril a nivel general de la vivienda Las condiciones de las temperaturas se encuentran en términos medios y altos. Las temperaturas presentan resultados medios-altos y su porcentaje de humedad relativa es en promedio regular.

Figura 86. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 2



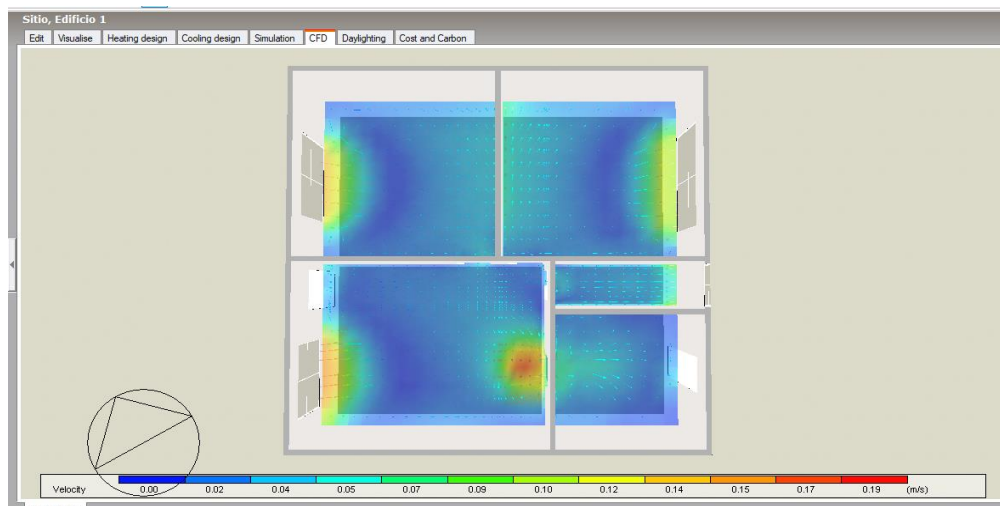
Se observa mala calidad del aire por sus valores mínimos. Los caudales de aire presentan baja calidad del aire.

Figura 87. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 1



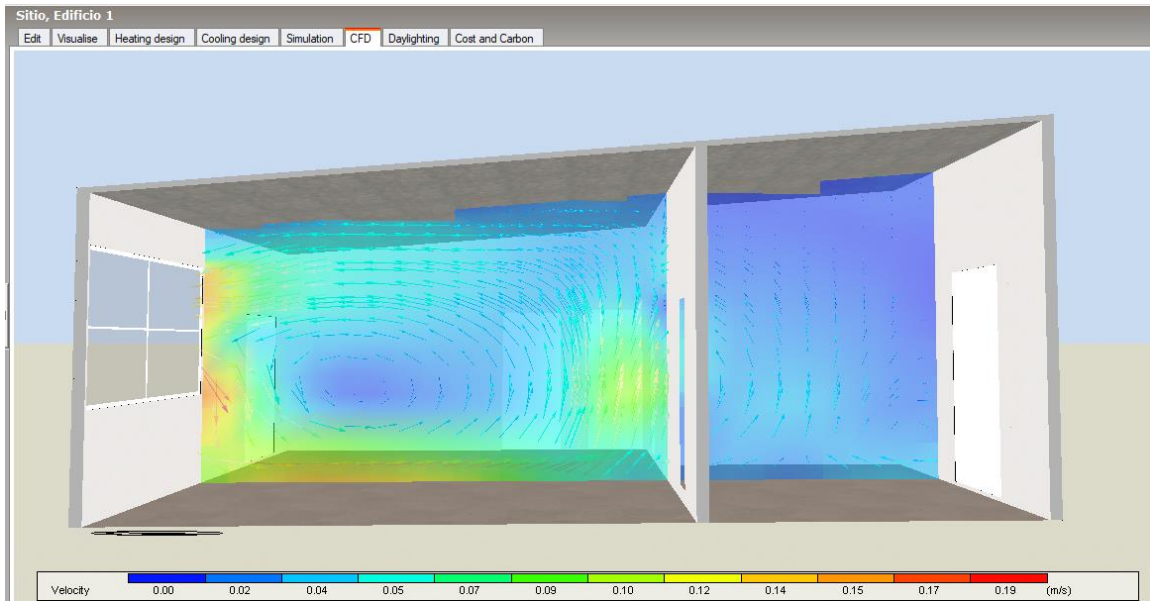
Los caudales presentan baja calidad del aire.

Figura 88. Gráfico de vectores de velocidad (m/s)



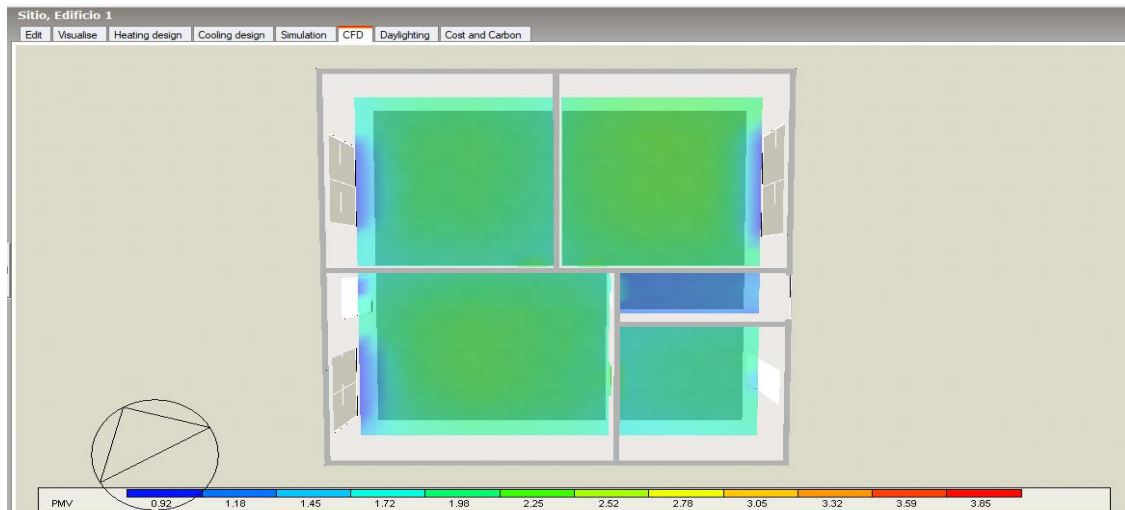
Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril. La velocidad del aire presenta en ciertas zonas valores admisibles sin embargo en otras no.

Figura 89. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril



La velocidad del aire presenta en ciertas zonas valores admisibles sin embargo en otras no.

Figura 90. Datos PMV (Predicted mean vote) rangos promedios de valores entre ligeramente fresco a ligeramente cálido, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).



3.3.4. Vivienda tipo 4- Portoviejo, Calle Fausto Vélez

1° 3'42.35"S- 80°27'25.10"O

Figura 91. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda tipo 4. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).

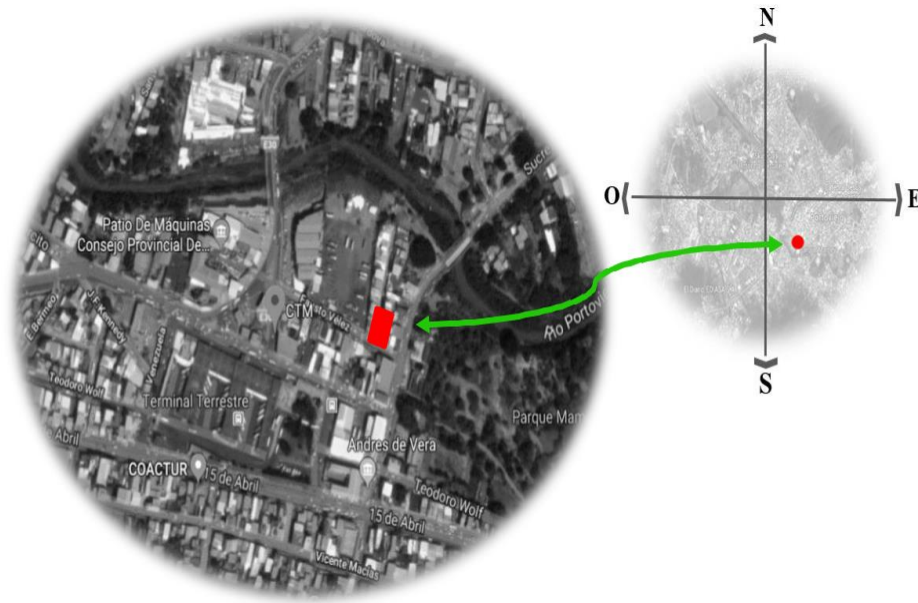









Figura 92. Vivienda de la Señora Cindy Villavicencio. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).



Ficha técnica de observación vivienda-4

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
 GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Figura 93. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda tipo 4. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.

UNIVERSIDAD PARTICULAR SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO					ÁREAS																
CARRERA DE ARQUITECTURA					SALA	COMEDOR	COCINA	DORMITORIO 1	S.S.H.H.	DORMITORIO 2	S.S.H.H.	DORMITORIO 3									
FORMATO DE FICHA TÉCNICA					Área total 112.0 m2																
 <p>La caña guadúa como recurso de la envolvente en la vivienda urbana unifamiliar de la ciudad de Portoviejo para mejorar el confort climático.</p> 	ILUMINACIÓN BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE				VENTILACIÓN BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE				TEMPERATURA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO				HUMEDAD ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO								
																	RESPONSABLES: Luzmila Giler Sheryla Gualdo				
																	RESPONSABLES: Pedro Rafael Torres Karen Adriana				
																	VIVIENDA: Sotera Cindy Villavicencio				
DIRECCIÓN: Calle Finado Vélez					TEMPERATURA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO				HUMEDAD ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO												
Nº DE PISOS: 1 2 3 4 5																					
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS																					
ESTRUCTURA: H.A. ACERO MADERA MIXTA																					
CUBIERTA: LOSA ZINC MIXTO OTROS					OBSERVACIONES: TEMPERATURA °C ALTA 35 - 26 °C MEDIA 26 - 18 °C BAJA 18 y 15 °C																
PISO: H.S. MADERA OTROS																					
PAREDES: H.A. BLOQUE LADRILLO MADERA OTROS																					
RECUBRIMIENTO DE PISOS: PORCELANATO CERÁMICA PINTURA EPÓXICA OTROS																					
RECUBRIMIENTO DE PAREDES: PINTURA CERÁMICA ENLUCIDO OTROS					ANEXOS:    																
ESCALERAS: METÁLICAS H.A. OTROS																					
UBICACIÓN GENERAL: 1° 34' 15" S - 80° 27' 15" O																					
																					
VENTILACIÓN BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE					TEMPERATURA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA ALTA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA MEDIA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA BAJA PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO PROMEDIO																
										VEGETACION BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE											
															VEGETACION BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE						
																				VEGETACION BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA BUENA REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR REGULAR MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA MALA INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE INEXISTENTE	

Análisis de la vivienda 4

Tabla 17. Descripción de materiales de la vivienda -4

VIVIENDA 4					
MATERIALIDAD					
DESCRIPCIÓN DE MATERIALES					
PAREDES	H.A	BLOQUE	LADRILLO	MADERA	OTROS
PISO	H.A	MADERA	CERÁMICA	OTROS	
CUBIERTA	H.A	MADERA	ZINC	OTROS	
VENTANAS	ALUMINIO Y VIDRIO	HIERRO FORJADO	MADERA Y VIDRIO	OTROS	

Fuente: Ficha de observación

El análisis de la vivienda 4, representa la incidencia solar en los meses de abril, mayo, junio y julio, siendo las temperaturas más altas en abril (equinoccio de invierno). Se ejecutó el análisis en las siguientes horas de incidencia solar:

A las 8:00 AM, en los meses de abril, mayo, junio y julio, la salida del sol es del Noreste al Noroeste, pero podemos

observar que la mayor incidencia solar se proyecta en la parte lateral izquierda.

A las 12:00 PM, se pudo constatar que la mayor incidencia solar se dio directamente en la parte superior de la vivienda.

A las 18:00 PM, se evidenció que la proyección solar empieza a bajar y ya incide directamente en la fachada lateral derecha de la vivienda.

Tabla 18. Análisis de la vivienda -4 según temperatura, humedad y velocidad de los vientos en diferentes días y meses del año.

MES DE ABRIL																		
VIVIENDA 4 - CINDY VILLAVICENCIO																		
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)													
					EXTERIOR								PUERTAS					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg	
3/4/2019	29,5	31,6	28,9	30,00	0	0,6	1,1	0,57	0	0	0,6	0,2	0	0	0,8	0,27		
11/4/2019	30,2	38,9	30,9	33,33	1	0	1,1	0,7	0,6	0	0,4	0,33	0,5	0	0,7	0,40		
15/4/2019	31,2	32,8	29,5	31,17	2,3	1,2	1,5	1,67	0,5	0	0,7	0,4	0,6	0	0,6	0,40		
23/4/2019	29,9	32,8	28,8	30,50	1,2	1	1,4	1,2	0,2	0	0,3	0,17	0,3	0	0,5	0,27		
1/5/2019	28,9	31,8	29,7	30,13	2,5	1,5	1	1,67	0,6	0,2	0,9	0,57	0,5	0,3	0,8	0,53		
TOTAL °C				31,03				1,16				0,33				0,37		1,87
EXTERIOR									INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA						
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL		
3/4/2019	29,3	31,4	28,5	29,73	70%	64%	70%	68,00%	29,1	31,8	28,8	29,9	65%	63%	73%	67,00%		
11/4/2019	29,9	38,5	30,5	32,97	71%	73%	66%	70,00%	30,3	38,4	30,8	33,07	65%	75%	68%	69,00%		
15/4/2019	31,2	32,1	29,7	30,7	67%	57%	68%	64,00%	31,2	32,6	29,6	31,13	65%	55%	70%	63,00%		
23/4/2019	29,5	32,3	28,4	30,07	67%	49%	74%	63,33%	29,7	32,4	28,9	30,33	68%	47%	68%	61,00%		
1/5/2019	28,5	31,3	29,3	29,70	68%	56%	67%	63,67%	28,3	31,5	29,8	29,87	64%	54%	70%	63,00%		
TOTAL °C				30,65				66,33%				30,86				64,73%		

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Continúa Tabla 18

MES DE MAYO																		
VIVIENDA 4 - CINDY VILLAVICENCIO																		
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)													TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL		
9/5/2019	29,3	31,1	28,7	29,70	0	0,85	1,26	0,7	0	0	0,6	0,2	0	0	0,6	0,2		
13/5/2019	30	38,1	30,6	32,90	1,1	0	1,36	0,82	0,6	0	0,3	0,3	0,45	0	0,54	0,33		
21/5/2019	30,9	32,4	29,3	30,87	1,02	0,44	1,31	0,92	0,35	0	0,45	0,27	0,35	0	0,45	0,27		
29/5/2019	29,5	32,6	28,7	30,27	2,3	11	1,3	1,53	0,41	0	0,38	0,26	0,41	0	0,38	0,26		
TOTAL °C				30,93				0,995				0,26				0,27	1,52	
EXTERIOR									INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL		
9/5/2019	29,1	30,7	28,4	29,40	57%	64%	66%	62,33%	29,2	31	28,4	29,53	59%	63%	67%	63,00%		
13/5/2019	29,9	36,5	30,3	32,23	72%	66%	69%	69,00%	29,9	37,2	30,3	32,47	70%	60%	64%	64,67%		
21/5/2019	30,5	31,9	29,1	30,50	67%	66%	71%	68,00%	30,5	32,1	29,1	30,57	68%	67%	69%	68,00%		
29/5/2019	29,2	32	28,3	29,83	69%	68%	70%	69,00%	29,2	32,1	28,3	29,87	65%	75%	60%	66,67%		
TOTAL °C				30,49				67,08%				30,61				65,58%		

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Continúa Tabla 18

MES DE JUNIO																	
VIVIENDA 4 - CINDY VILLAVICENCIO																	
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)												TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS				
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
5/6/2019	26,16	28,77	27,6	27,51	0	1,39	1,39	79	0	0	0,58	0,19	0	0	0,58	0,19	
13/6/2019	28,8	28,98	29,6	29,11	1,12	0	1,34	0,82	0,82	0	0,45	0,28	0,4	0	0,45	0,28	
17/6/2019	28,63	30,44	29,3	29,46	1,03	0,45	1,3	0,93	0,31	0	0,4	0,24	0,31	0	0,4	0,24	
26/6/2019	27,1	27,54	28	27,55	2,1	1,12	1,34	1,55	0,45	0	0,4	0,28	0,45	0	0,4	0,28	
TOTAL °C				28,41				1,0217				0,25				0,25	1,52
EXTERIOR								INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
5/6/2019	29,8	29,6	28,5	29,30	56%	62%	67%	61,67%	30	29,7	28,3	29,33	59%	64%	65%	62,67%	
13/6/2019	25,7	30,4	27,6	27,90	70%	63%	68%	67,00%	26	30,5	27,9	28,13	71%	61%	64%	65,33%	
17/6/2019	25,6	27,8	24,2	25,87	66%	64%	67%	65,67%	26	27,1	24,8	25,97	67%	65%	70%	67,33%	
26/6/2019	26,1	28,4	27,1	27,20	68%	68%	62%	66,00%	26,7	28,7	29	28,13	65%	75%	57%	65,67%	
TOTAL °C				27,57				65,08%				27,89				65,25%	

Continúa Tabla 18

MES DE JULIO																	
VIVIENDA 4 - CINDY VILLAVICENCIO																	
TEMPERATURA RADIANTE °C					VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (m/seg)												TOTAL VELOCIDAD DE VIENTO S m/seg
					EXTERIOR				VENTANAS				PUERTAS				
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
3/7/2019	27,1	30,3	29,1	28,83	0,3	0	1,1	0,47	0,3	0	1	0,43	0,5	0	0,9	0,47	
11/10/4670	28,8	28,98	29,6	29,11	1	0,3	1,5	0,93	0,6	0,6	0,9	0,7	0,8	0,8	0,5	0,70	
15/7/2019	28,63	30,44	29,2	29,42	1,9	0,6	1,6	1,37	1,1	0,9	1,4	1,13	1	1	0,8	0,93	
23/7/2019	26,3	28,3	26,9	27,17	2,5	1,5	1,3	1,77	2,1	1	0,9	1,33	2	0,9	1,2	1,37	
TOTAL °C				28,63				1,13				0,9				0,87	2,9
EXTERIOR								INTERIOR									
TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA				TEMPERATURA °C				HUMEDAD RELATIVA					
DIAS	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	8:00	12:00	18:00	TOTAL	
3/7/2019	27	30	29,3	28,77	57%	63%	68%	62,67%	27,5	30,6	29,2	29,1	60%	65%	66%	63,67%	
11/10/4670	29,1	29,9	29,4	29,47	71%	64%	67%	67,33%	29,4	30,8	29,8	30,0	72%	62%	65%	66,33%	
15/7/2019	28,9	30,6	29	29,50	67%	65%	66%	66,00%	29,2	30,1	28,8	29,37	68%	66%	71%	68,33%	
23/7/2019	26,7	28,6	27,2	27,50	69%	70%	63%	67,33%	26,7	28,9	27,4	27,67	66%	76%	60%	67,33%	
TOTAL °C				28,81				65,83%				29,03				66,42%	

Fuente: Ficha de observación

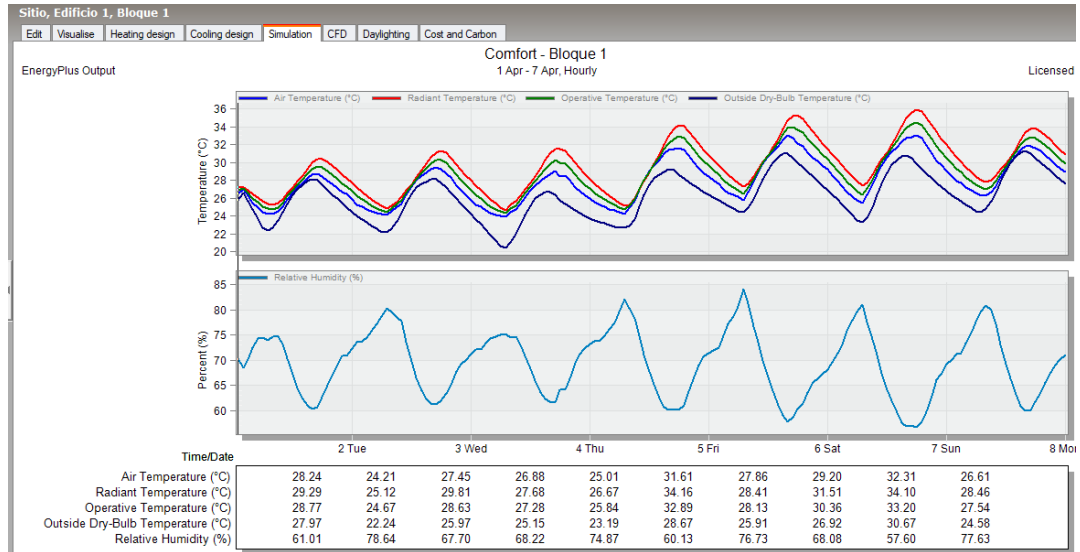
Temperatura interna e ingresos de vientos.

Figura 94. Planta arquitectónica de la vivienda tipo 4. Portoviejo. Provincia de Manabí.
República del Ecuador. (2019).



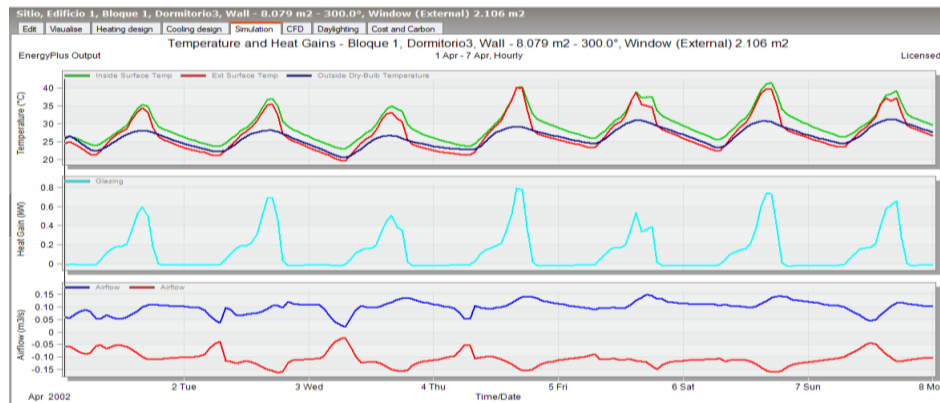
Análisis Bioclimático

Figura 95. Gráficos de confort de la vivienda tipo 4. Portoviejo.



Gráficos de confort de la semana del 1 al 7 de abril a nivel general de la vivienda. Los valores presentan en su gran mayoría valores alto de temperaturas y en cuanto a la humedad relativa se encuentran por encima del rango.

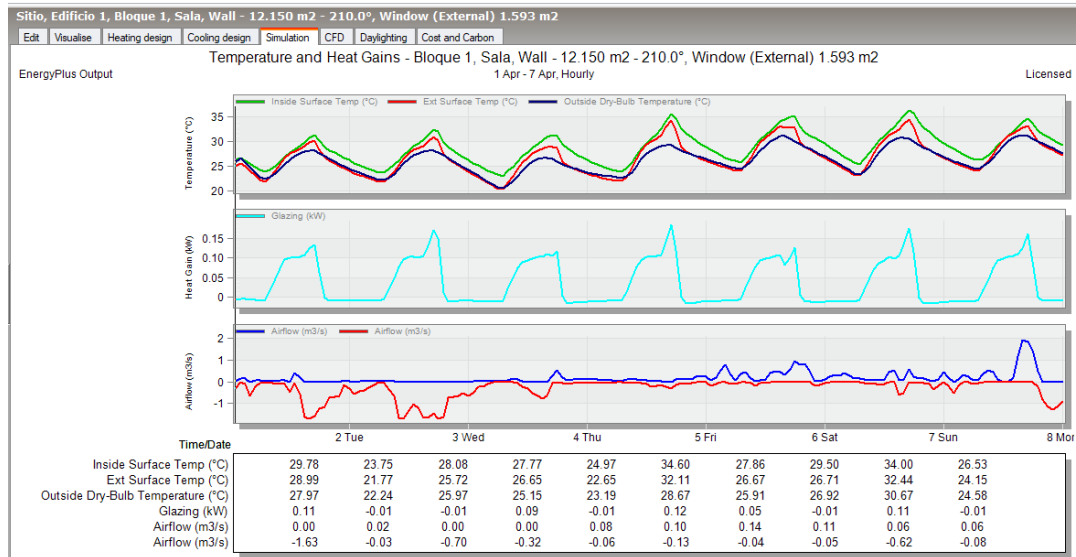
Figura 96. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 3



ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
 GUADÚA COMO ENVOLVENTE

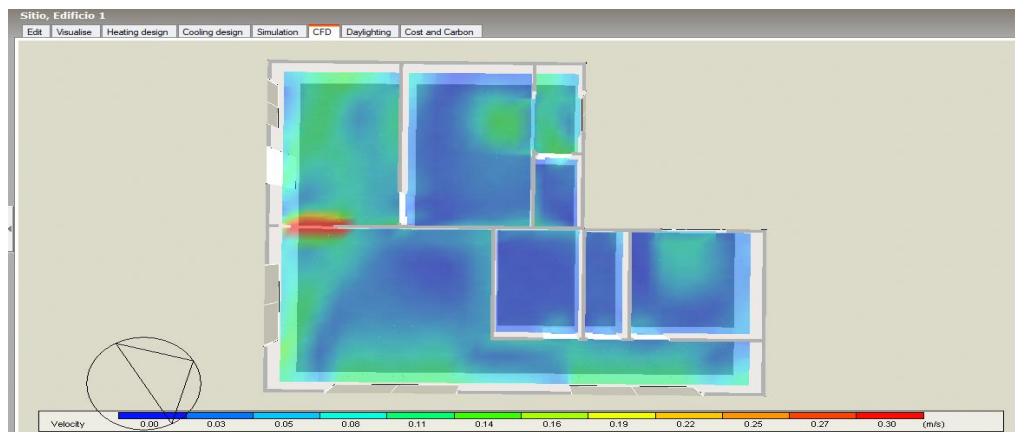
Los caudales se encuentran en equilibrio sin embargo los niveles presentan baja calidad del aire.

Figura 97. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana de la sala



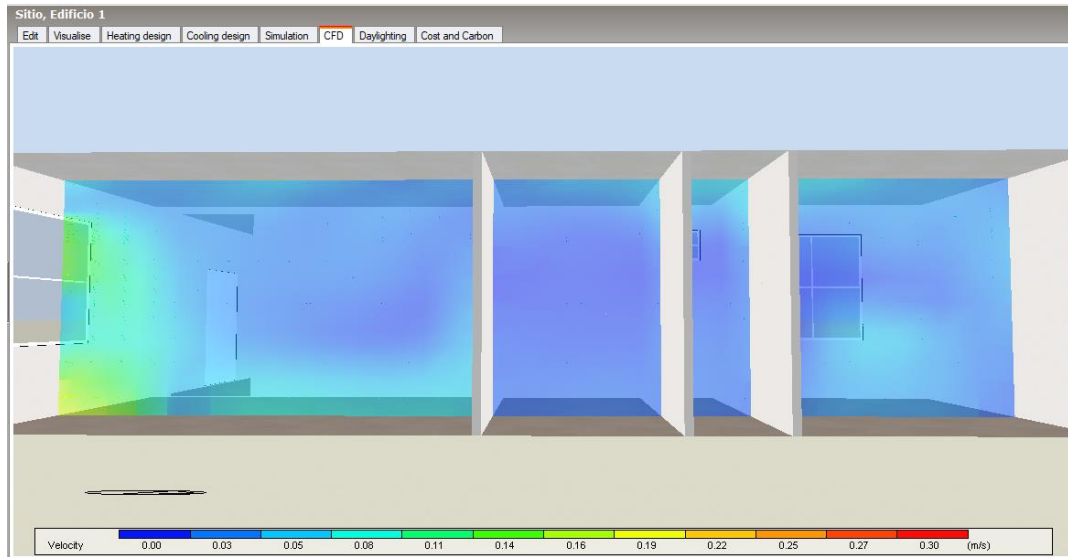
Los caudales presentan cierto equilibrio, y la calidad del aire es media – baja.

Figura 98. Gráfico de vectores de velocidad (m/s)



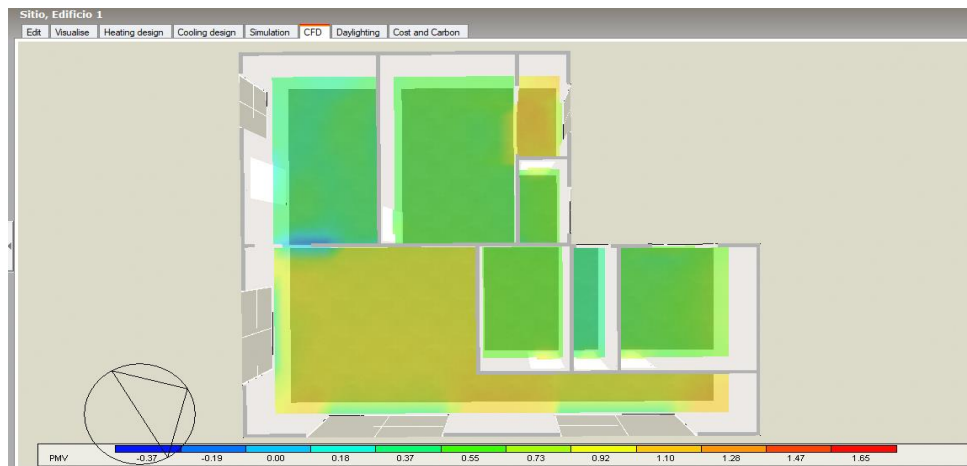
Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril. La velocidad de los vientos presenta un rango aceptable en la mayoría de sus zonas.

Figura 99. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril



La velocidad de los vientos presenta un rango aceptable en la mayoría de sus zonas.

Figura 100. Datos PMV (Predicted mean vote) rangos promedios de valores entre ligeramente fresco a ligeramente cálido, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).



ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
 GUADÚA COMO ENVOLVENTE

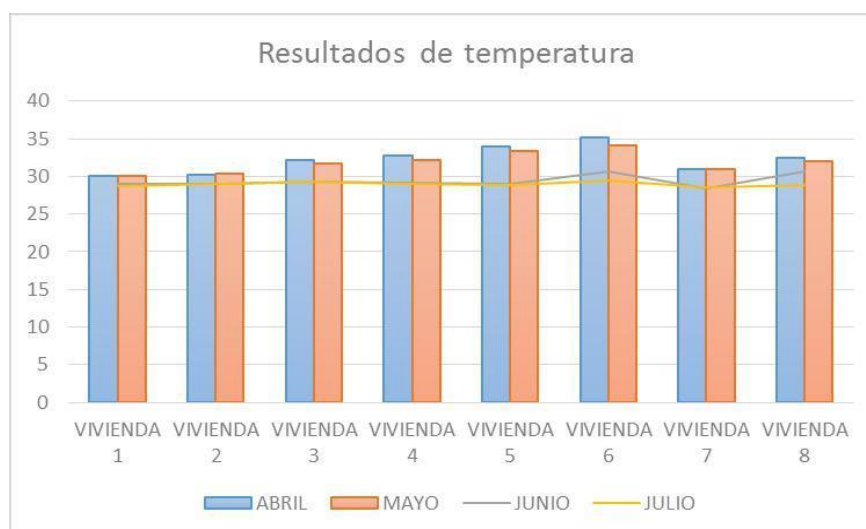
Una vez analizadas las viviendas por medio de los instrumentos de medición de temperatura, vientos y humedad relativa, se llegó a la conclusión de que la vivienda más afectada, debido a que no aprovechan las condiciones climáticas, la materialidad y una adecuada orientación, es la vivienda 4, en la cual se obtuvo la mayor temperatura en el interior de sus espacios donde se demostró que existen cambios de temperaturas en diferentes horarios lo que evidencia un gran déficit de confort térmico (Tabla 19 - Figura 101).

Tabla 19. Estadística general de la variación de temperatura.

TEMPERATURA GENERAL				
	ABRIL °C	MAYO °C	JUNIO °C	JULIO °C
VIVIENDA 1	30,12	30,03	28,94	28,78
VIVIENDA 2	32,20	31,71	29,34	29,27
VIVIENDA 3	34,03	33,38	28,96	28,89
VIVIENDA 4	31,03	30,93	28,41	28,63

Fuente: Ficha de observación.

Figura 101. Resultados estadísticos de temperaturas de las viviendas analizadas.



Conclusiones parciales de las 4 viviendas con envolventes de hormigón

La vivienda tipo 4 se identifica como la más afectada en términos de confort térmico, alcanzando las temperaturas más elevadas interiormente, con variaciones significativas a lo largo del día. Este problema se atribuye a una orientación subóptima que no aprovecha adecuadamente los vientos predominantes ni la incidencia solar. Las otras viviendas, aunque también experimentan variaciones, presentan condiciones más estables y aprovechan mejor los factores climáticos naturales.

La eficacia del diseño arquitectónico y los materiales de construcción juegan un rol crucial en la moderación de las temperaturas internas. Se observa que las viviendas con mejor orientación y diseño estratégico, como techos adecuados y uso inteligente de la vegetación externa, reportan un mejor comportamiento térmico

y menos fluctuaciones de temperatura, lo cual se traduce en un mayor confort para los ocupantes.

Los datos indican que hay una relación directa entre la calidad del aire y la configuración arquitectónica y material de las viviendas. Las viviendas con menor calidad del aire tienden a ser aquellas con peores condiciones de humedad relativa y menor flujo de aire, lo que sugiere deficiencias en su diseño para la ventilación natural.

Las conclusiones del estudio subrayan la importancia de considerar las condiciones bioclimáticas locales al diseñar viviendas. Esto incluye la orientación adecuada, la selección de materiales y la incorporación de elementos naturales para el control climático. Las recomendaciones para futuros proyectos deberían enfocarse

en maximizar el confort térmico y la eficiencia energética a través de un diseño más sensible al clima.

Estas conclusiones destacan la relevancia de integrar principios de diseño

bioclimático en la arquitectura residencial para mejorar el confort térmico y la eficiencia energética, reduciendo así los costos de climatización y mejorando la calidad de vida de los ocupantes.

3.3.5. Vivienda tipo 5 - Análisis de vivienda caña guadúa 1- Portoviejo

La vivienda construida con caña guadúa en Portoviejo representa un fascinante estudio de caso para el análisis de la arquitectura sostenible y el confort higrotérmico, especialmente cuando se compara con las tradicionales viviendas de hormigón armado. Esta introducción no solo prepara el terreno para un análisis exhaustivo, sino que también busca profundizar en la comprensión de cómo los materiales de construcción seleccionados y las metodologías aplicadas ejercen una influencia determinante tanto en la calidad de vida de quienes habitan estos espacios como en la eficiencia energética global de las edificaciones.

Dicha exploración abordó meticulosamente las propiedades inherentes a la caña guadúa, como su capacidad de aislamiento térmico, ligereza y flexibilidad, contrastándolas con las

características del hormigón armado, para comprender cómo estos aspectos contribuyen a la creación de entornos habitacionales más saludables, confortables y energéticamente eficientes. A través de este análisis, se pretende evidenciar no solo las ventajas ambientales y sostenibles de optar por materiales naturales y técnicas constructivas eco-amigables, sino también destacar cómo estas decisiones impactan positivamente en el microclima interior de las viviendas, promoviendo un bienestar integral para sus ocupantes.

El propósito de esta comparación no es solo evaluar la eficiencia energética de ambos tipos de construcción, sino también entender cómo afectan la calidad de vida de sus habitantes. Se considerarán factores como la calidad del aire interior, la luminosidad, la acústica, y la conexión con el

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA GUADÚA COMO ENVOLVENTE

entorno natural, todos ellos componentes clave del confort higrotérmico.

En última instancia, este estudio busca contribuir significativamente al cuerpo de conocimiento existente en arquitectura sostenible, proporcionando datos empíricos y análisis cualitativos que subrayen la importancia de considerar el impacto ambiental, la eficiencia energética y el

confort humano en el proceso de diseño arquitectónico. Al hacerlo, se aspira a inspirar a futuras generaciones de arquitectos, urbanistas y constructores a adoptar prácticas más sostenibles y conscientes del medio ambiente en la creación de espacios habitacionales que no solo respeten, sino que también se integren armoniosamente con su entorno natural.

Figura 102. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Vivienda caña guadúa. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).

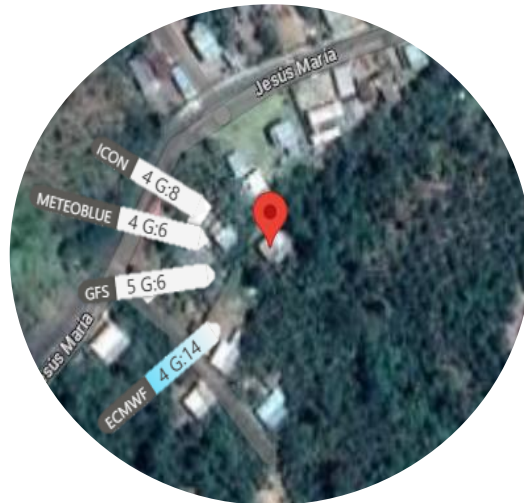



Figura 103. Vivienda de caña guadúa. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2023).



ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
 GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Ficha técnica de observación vivienda
 Figura 104. Ficha técnica de observación aplicada en la vivienda. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador.

	"UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO"								
	CARRERA DE ARQUITECTURA								
DATOS DE LA VIVIENDA									
Dirección:	Comunidad Jesús María								
Tipo de vivienda	Vernácula	# Pisos	1	2	3	4			
ESTRUCTURA DE LA VIVIENDA					ESTADO DE LA ESTRUCTURA				
Estructura	Hormigón Armado	Acero	Caña	Madera	Otros:	Buena(%)	Regular(%)	Mala(%)	
Cubierta	Losa	Zinc	Caña	Madera	Otros:	Buena(%)	Regular(%)	Mala(%)	
					Cade				
Piso	Hormigón Simple	Caña	Hormigón	Madera	Otros:	Buena(%)	Regular(%)	Mala(%)	
Paredes	Ladrillo	Bloque	Caña	Madera	Otros:	Buena(%)	Regular(%)	Mala(%)	
Recubrimiento de pisos	Porcelanato	Pintura	Cerámica/ Baldosa	Hormigón	Otros:	Buena(%)	Regular(%)	Mala(%)	
					Líndoleo				
Recubrimiento de paredes	Cerámica	Pintura	Enlucidos	Caña	Otros:	Buena(%)	Regular(%)	Mala(%)	
	---	---	---	---	---	---	---	---	
Escaleras	Metálicas	Caña	Hormigón Armado	Madera	Otros:	Buena(%)	Regular(%)	Mala(%)	
CONDICIONES AMBIENTALES DEL INTERIOR DE LA VIVIENDA									
Área de vivienda:	63 m ²			Horario de visita:		12:00 p.m.			
ESPACIOS:	SALA		COMEDOR		COCINA		DORMITORIO		BAÑOS
ILUMINACIÓN	Buena		Buena		Buena		Buena		Buena
	Regular		Regular		Regular		Regular		Regular
	Baja		Baja		Baja		Baja		Baja

	Inexistente	Inexistente	Inexistente	Inexistente	Inexistente
	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
	Artificial	Artificial	Artificial	Artificial	Artificial
VENTILACIÓN	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
	Inexistente	Inexistente	Inexistente	Inexistente	Inexistente
	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
	Artificial	Artificial	Artificial	Artificial	Artificial
TEMPERATURA	Alta (35 - 27°C)	Alta (35 - 27°C)	Alta (35 - 27°C)	Alta (35 - 27°C)	Alta (35 - 27°C)
	Media (27 - 18°C)	Media (26 - 18°C)	Media (26 - 18°C)	Media (26 - 18°C)	Media (26 - 18°C)
	Baja (17 - 15°C)	Baja (17 - 15°C)	Baja (17 - 15°C)	Baja (17 - 15°C)	Baja (17 - 15°C)
	Humedad Alta (+ 61%)	Humedad Alta (+ 61%)	Humedad Alta (+ 61%)	Humedad Alta (+ 61%)	Humedad Alta (+ 61%)
	Humedad Normal (60% - 40%)	Humedad Normal (60% - 40%)	Humedad Normal (60% - 40%)	Humedad Normal (60% - 40%)	Humedad Normal (60% - 40%)
	Humedad Baja (- 39%)	Humedad Baja (- 39%)	Humedad Baja (- 39%)	Humedad Baja (- 39%)	Humedad Baja (- 39%)

Tabla 20.

VIVIENDA 5					
MATERIALIDAD					
DESCRIPCIÓN DE MATERIALES					
PAREDES	H.A	BLOQUE	LADRILLO	MADERA	CAÑA
PISO	H.A	MADERA	CERÁMICA	OTROS	
CUBIERTA	H.A	MADERA	ZINC	OTROS	
VENTANAS	ALUMINIO Y VIDRIO	HIERRO FORJADO	MADERA Y VIDRIO	OTROS	

Fuente: Ficha de observación

Tabla 21. Mediciones térmicas de la vivienda Caña Guadúa

MES DE MAYO - JUNIO									
TEMPERATURA °C									
ESPACIO	EXTERIOR				INTERIOR				TOTAL
DÍAS	8:00	13:00	18:00	TOTAL	8:00	13:00	18:00	TOTAL	
15/05/2023	27.80	28.40	28.10	28.10	27.85	28.60	28.20	28.21	28.14
04/06/2023	27.60	28.20	28.15	27.98	27.70	28.30	28.20	28.06	
15/06/2023	27.20	28.90	28.60	28.23	27.30	29.00	28.70	28.33	
TOTAL	28.10				28.19				
TEMPERATURA RADIANTE °C									
ESPACIO	EXTERIOR				INTERIOR				TOTAL
DÍAS	8:00	13:00	18:00	TOTAL	8:00	13:00	18:00	TOTAL	
15/05/2023	28.00	28.50	28.20	28.23	28.10	28.70	28.30	28.36	28.27
04/06/2023	27.70	28.30	28.25	28.08	27.80	28.40	28.35	28.18	
15/06/2023	27.30	29.00	28.70	28.33	27.40	29.10	28.80	28.43	
TOTAL	28.21				28.32				
HUMEDAD RELATIVA %									

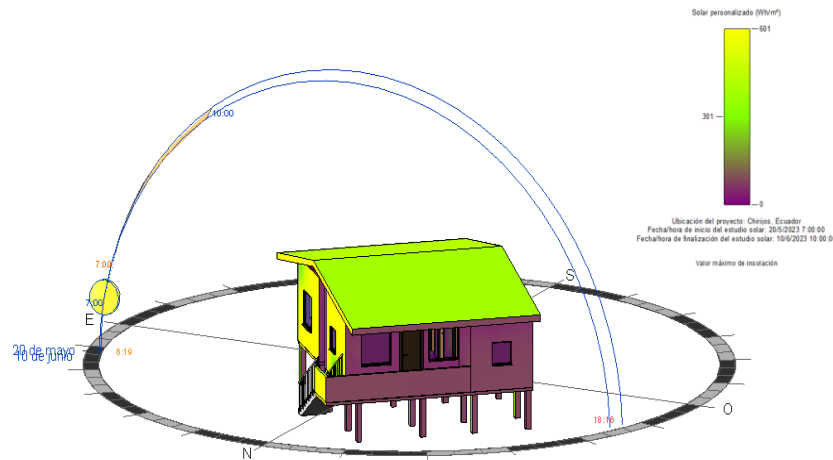
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

ESPACIO	EXTERIOR				INTERIOR				TOTAL
DÍAS	8:00	13:00	18:00	TOTAL	8:00	13:00	18:00	TOTAL	61.82%
15/05/2023	62%	62%	61%	61.66%	61%	62%	62%	61.66%	
04/06/2023	61%	62%	62%	61.66%	62%	63%	62%	62.33%	
15/06/2023	62%	62%	61%	61.66%	62%	63%	61%	62.00%	
TOTAL	61.66%				61.99%				
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/seg)									
ESPACIO	EXTERIOR				INTERIOR				TOTAL
DÍAS	8:00	13:00	18:00	TOTAL	8:00	13:00	18:00	TOTAL	1.27
15/05/2023	1.40	1.20	1.60	1.40	1.30	1.10	1.50	1.30	
04/06/2023	1.35	1.30	1.40	1.35	1.30	1.25	1.30	1.28	
15/06/2023	1.30	1.10	1.56	1.32	1.02	1.09	1.40	1.17	
TOTAL	1.35				1.25				

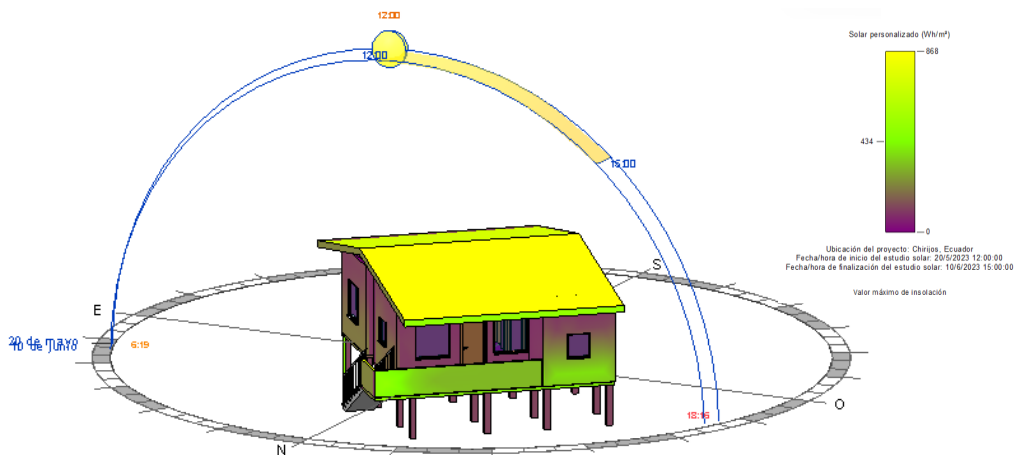
Fuente: Elaborado por el autor

Temperatura interna e ingresos de vientos.

Figura 105. Simulación térmica vivienda Caña Guadúa
Simulación de radiación solar

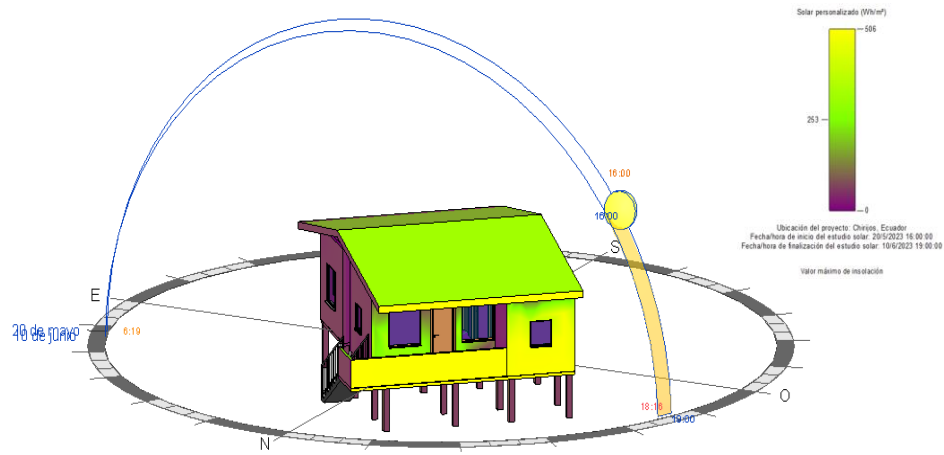


Simulación de insolación acumulada de 7:00 am a 10:00 am en la cual podemos apreciar que la incidencia solar recae sobre la fachada posterior de la vivienda, dándonos un valor máximo de insolación de 601 (Wh/m²).



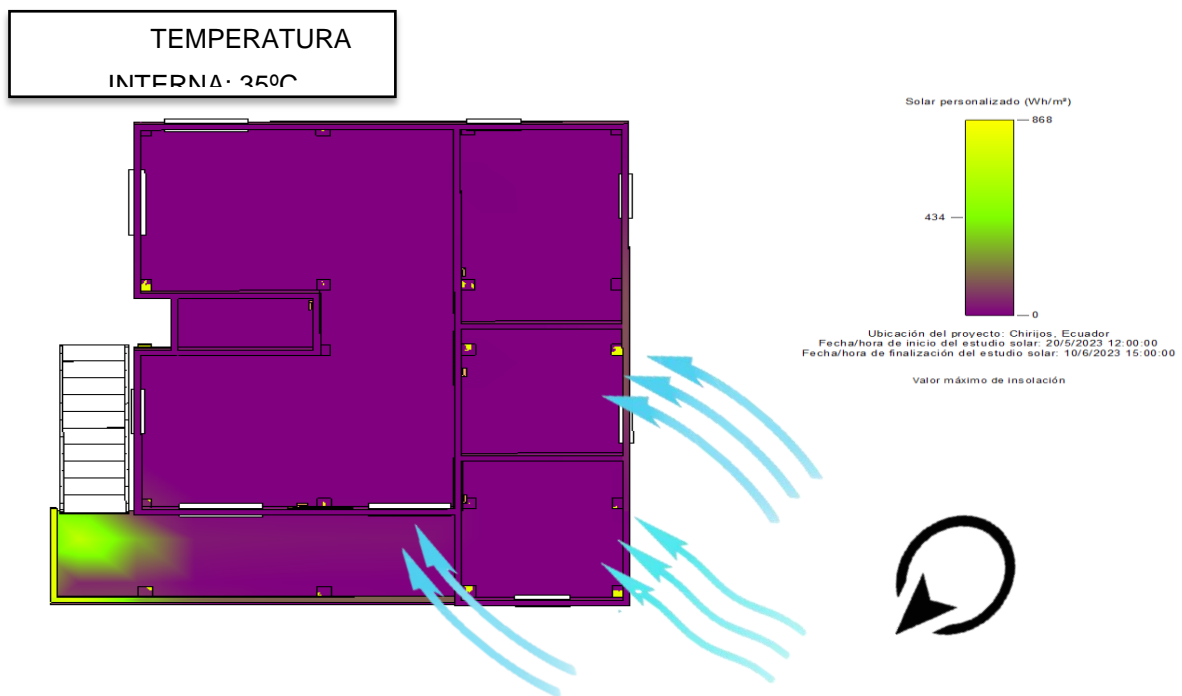
Simulación de insolación acumulada de 12:00 am a 15:00 am en la cual podemos apreciar que la incidencia solar recae sobre la fachada y la cubierta, dándonos un valor máximo de insolación de 868 (Wh/m²).

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA GUADÚA COMO ENVOLVENTE



Simulación de Insolación acumulada de 16:00 am a 19:00 am en la cual podemos apreciar que la incidencia solar recae sobre la fachada frontal, dándonos un valor máximo de insolación de 506 (Wh/m2).

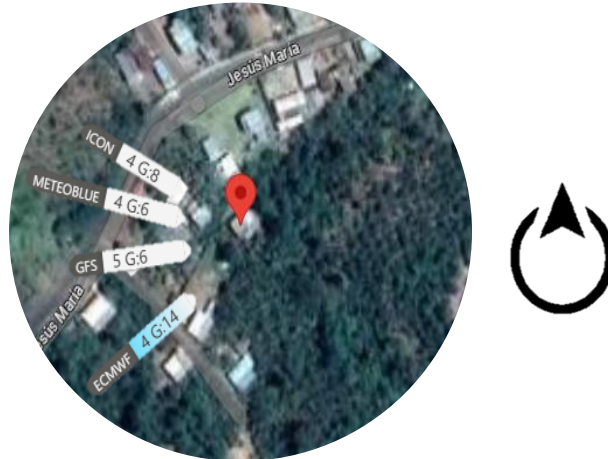
Figura 106. Simulación de radiación solar vista en planta vivienda caña guadúa



ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
 GUADÚA COMO ENVOLVENTE

Representación insolación acumulada de 12:00 pm a 15:00 pm vista en planta, dándonos un valor máximo de insolación de 868 (Wh/m²).

Figura 107. Vientos predominantes vivienda

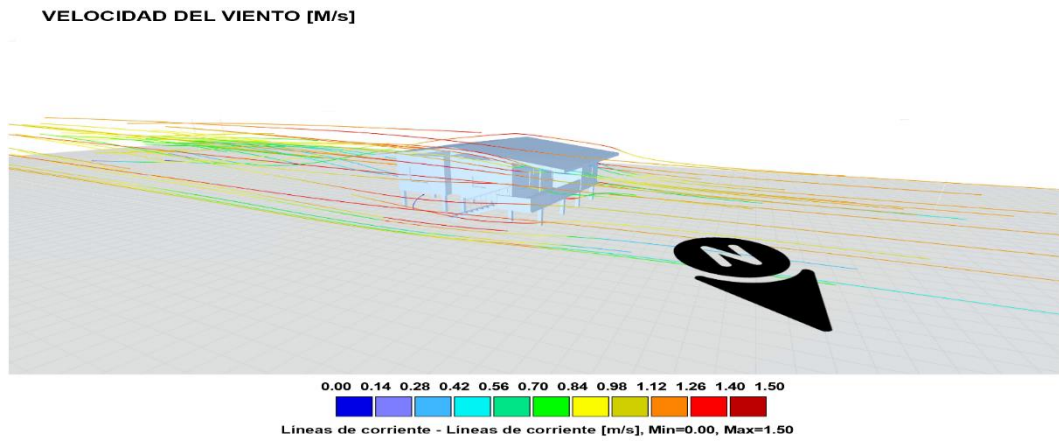


Horas ☀	22	1	4	7	10	13	16	19	22	1	4	7	10	13	16	19	22		
GFS 22km km/h	4 5	2 3	2 3	2 3	3 4	4 4	4 6	7 5	5 5	4 5	2 2	2 2	1 2	6 5	11 10	6 6	4 4		
ECMWF 9km km/h	7 21	5 17	4 13	5 10	6 18	6 20	4 18	7 15	4 18	2 10	2 8	2 10	4 16	5 17	3 15	3 17	6 16	4 16	
ICON 13km km/h	3 10	2 6	2 4	1 5	1 9	3 9	2 12	4 16	5 8	3 5	2 5	2 4	1 6	1 7	1 17	1 18	5 12	6 12	4 12
METEOBLUE km/h	5 15	2 8	2 6	1 6	1 7	2 6	2 11	6 15	6 8	4 6	3 4	2 5	2 5	1 6	0 6	8 17	7 15	4 9	4 9

Simulación de vientos predominantes vivienda

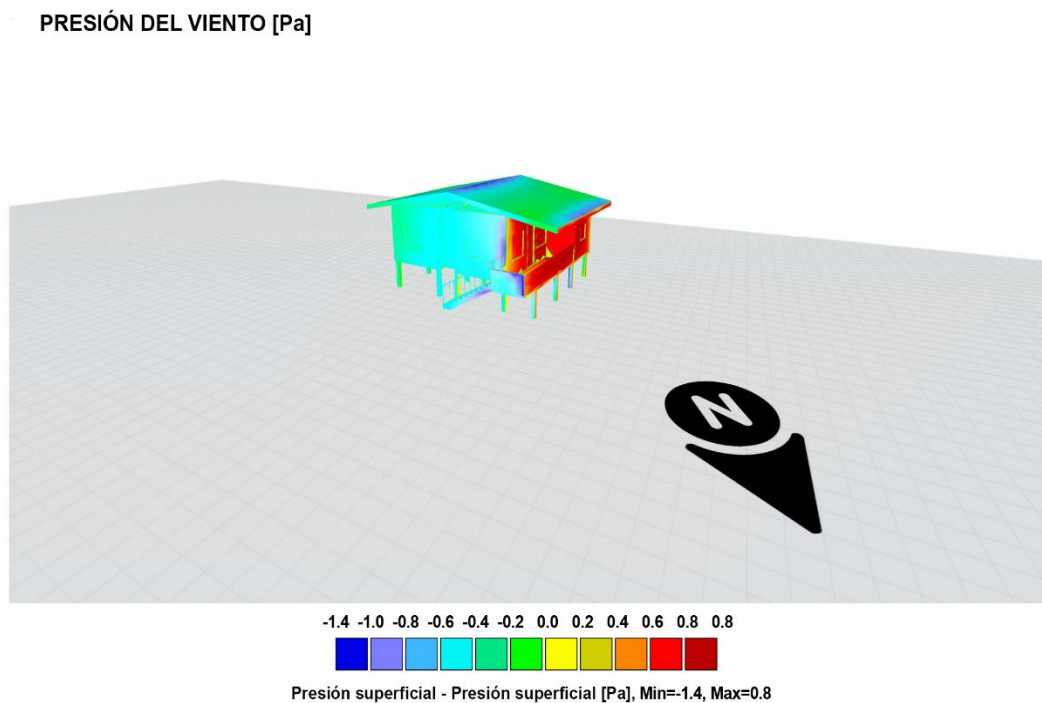
Se realizó el análisis de los vientos predominantes en los horarios establecidos en nuestro análisis. Vientos predominantes en tres horarios diferentes dando como resultado 6km/h, 6km/h y 15km/h, provenientes del Oeste hacia el Este.

Figura 108. Simulación vientos predominantes vivienda Caña Guadúa



Análisis de simulación de la velocidad de los vientos. Se puede observar cómo los vientos predominantes se dirigen con mayor predominancia del Oeste hacia el Este.

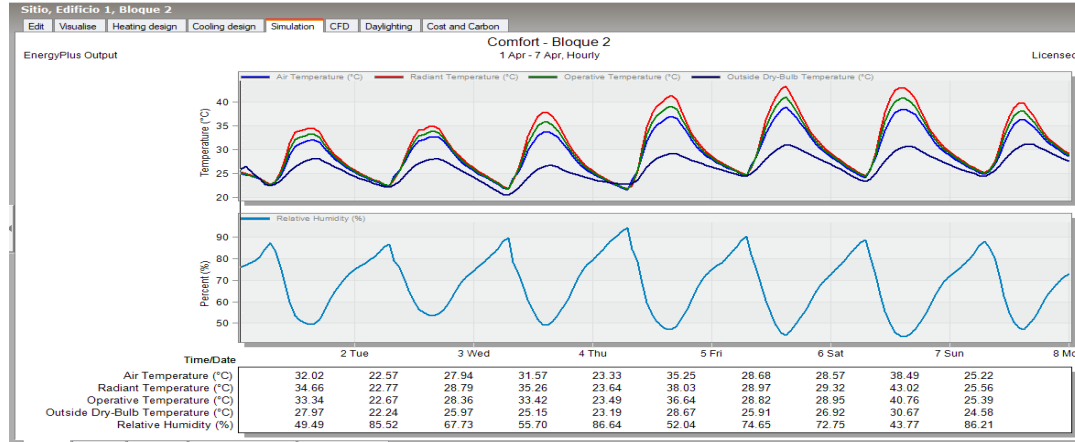
Figura 109. Simulación de presión del viento vivienda Caña Guadúa



Análisis de simulación de la presión del viento. Se puede observar cómo la fachada frontal de la vivienda es la que recibe la mayor cantidad de presión del viento.

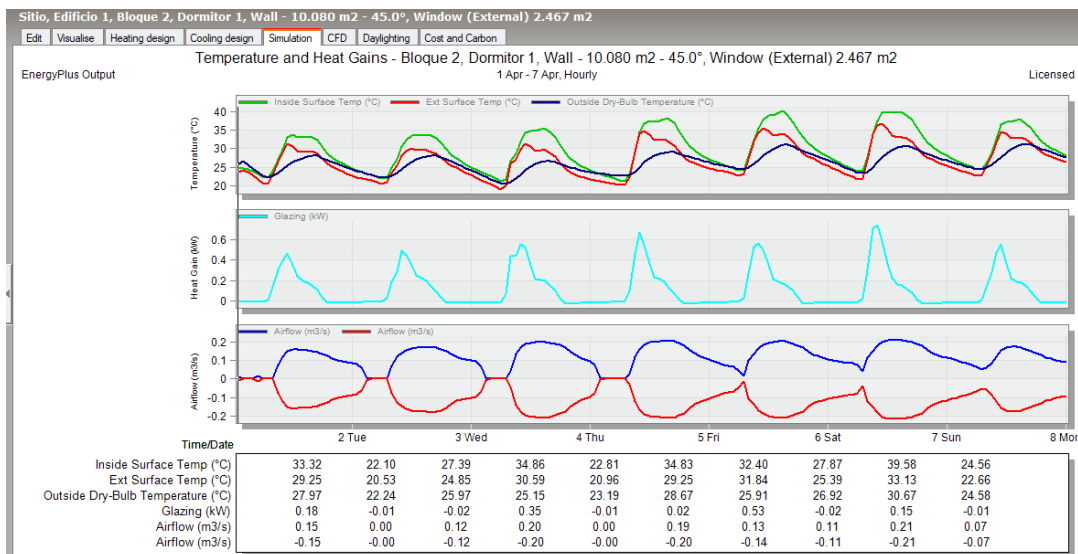
Análisis Bioclimático

Figura 110. Gráficos de confort de la vivienda caña guadúa. Portoviejo.



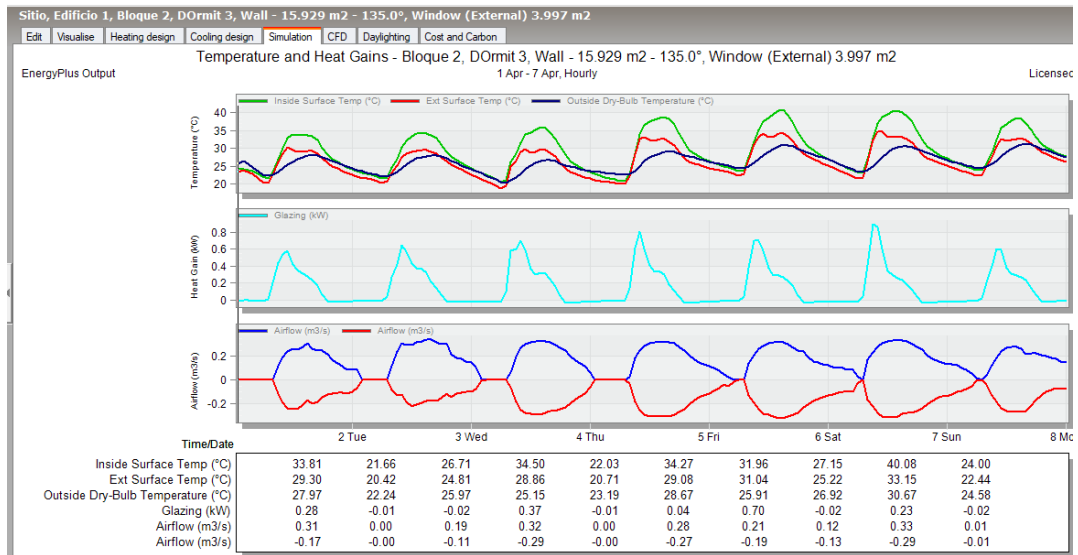
Gráficos de confort de la semana del 1 al 7 de junio a nivel general de la vivienda. Los valores de temperaturas en su gran mayoría se presentan altos y la mayoría de los valores de porcentajes de humedad relativa también.

Figura 111. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de junio, en la ventana del dormitorio



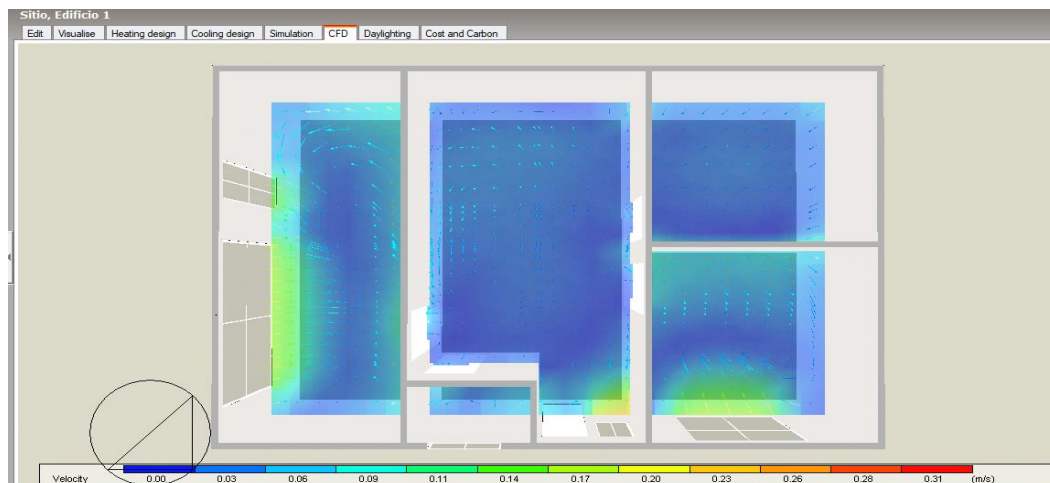
El equilibrio de caudales se encuentra bien y la calidad del aire varía entre baja y media.

Figura 112. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de junio en la ventana del dormitorio



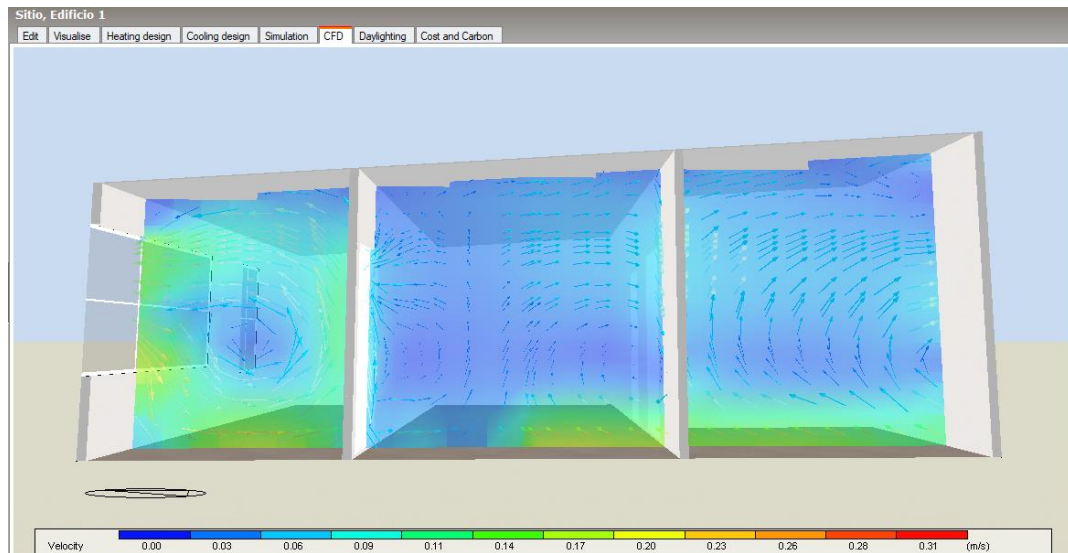
El equilibrio de caudales se encuentra bien y la calidad del aire varía entre baja y media.

Figura 113. Gráfico de vectores de velocidad (m/s)



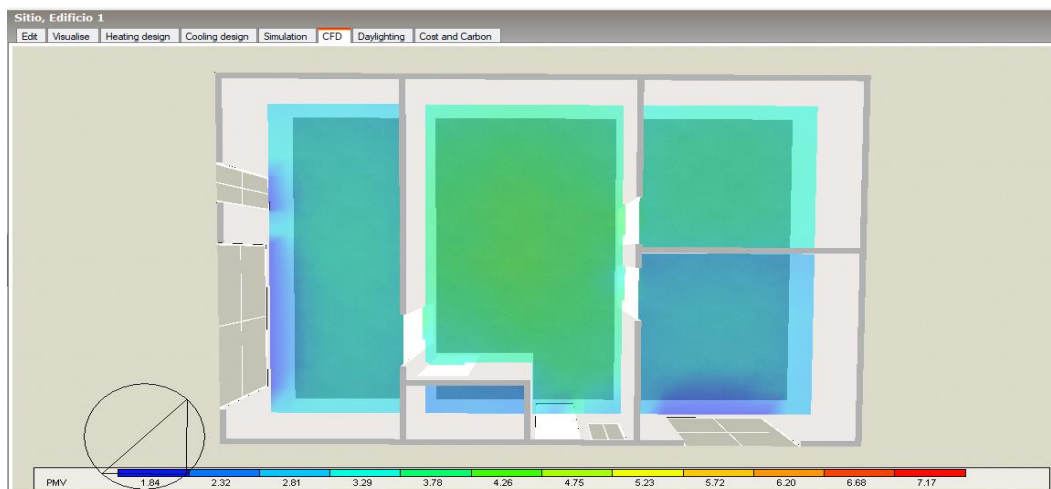
Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de junio. La velocidad del aire en ciertas zonas presenta valores admisibles.

Figura 114. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de junio



De acuerdo a este corte la velocidad del aire en su gran mayoría presenta valores admisibles.

Figura 115. Datos PMV (Predicted mean vote) rangos promedios de valores entre ligeramente fresco a ligeramente cálido, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).



3.3.6. Vivienda tipo 6 - Análisis de Casa Wilfrido Loor – Caña guadúa 2

La introducción de este análisis busca explorar la Casa Wilfrido Loor no solo como una estructura física, sino como un contenedor de prácticas vernáculas que han sobrevivido y evolucionado a lo largo de más de un siglo. Al hacerlo, se prestará especial atención a los elementos arquitectónicos que caracterizan su diseño, las técnicas de construcción utilizadas, y cómo estas prácticas se han adaptado o mantenido a lo largo del tiempo, especialmente durante el

proceso de restauración liderado por el Arq. Walter David Cobeña Loor.

Este estudio también se propone contextualizar la Casa Wilfrido Loor dentro del panorama más amplio de la arquitectura vernácula de Manabí y Ecuador, examinando cómo este ejemplo particular se relaciona con las tendencias arquitectónicas regionales y nacionales y al confort higrotérmico objeto de la investigación presente.

Figura 116. Mapa satelital que muestra el objeto de estudio. Casa Wilfrido Loor. Cantón Portoviejo. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019).



La Casa Wilfrido Loor es un paradigma de la arquitectura vernácula en la ciudad de Portoviejo. Su construcción data

de 1910, fue restaurada en 2009 por el Arq. Walter David Cobeña Loor (Autor de la presente investigación) con financiamiento

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

de la Comunidad de Madrid. Es propiedad de la Compañía de los Jesuitas ubicada en la intersección de las calles Mejía y Quiroga esquina, dentro de lo que podemos

considerar el centro del casco urbano de la Ciudad de Portoviejo capital de la Provincia de Manabí. Hoy convertida en Centro Cultural y Patrimonio de la Ciudad.

Figura 117. Casa Wilfrido Loor antes de la restauración



Características de la edificación

Régimen de propiedad: Religioso

Nombre del propietario: Compañía Jesuita.

Tipo de tenencia: Guardianía

Fecha de construcción: 1910

Número de pisos: 2

Portal o soportal: Planta Baja

Remate de fachada: Alero

Balcones: 1- Incluido

Molduras y ornamentación: Chazas de madera

Color: Blanco, Café y Rojo

Textura: Lisa

Figura 118. Planta arquitectónica de la Casa Wilfrido Loor

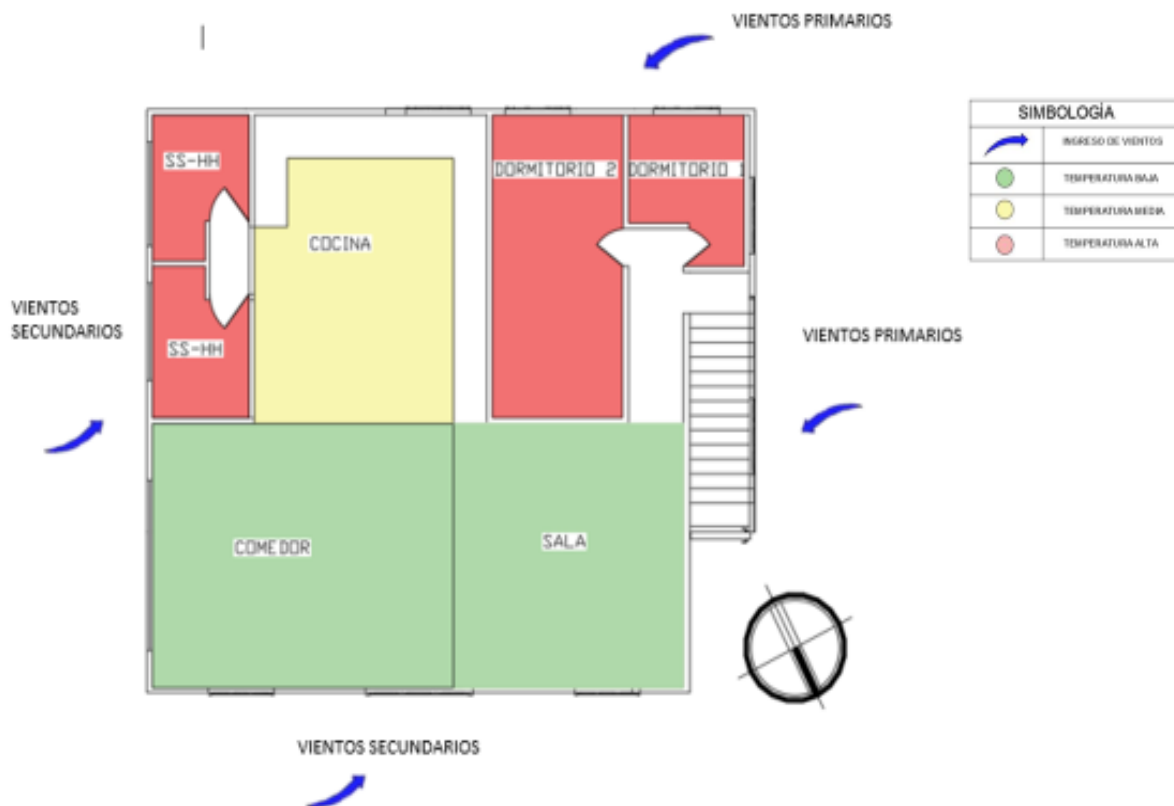


Tabla 22. Análisis de temperatura radiante de la vivienda de la vivienda Wilfrido Loor

PIRÓMETRO (PAREDES INTERNAS, PISO Y CUBIERTA)				
JUNIO - HORA: 12:00				
TEMPERATURA RADIANTE				
ESPACIOS	PAREDES	PISO	CUBIERTA	TOTAL
SALA	21,3	21,5	22,8	21,8
COMEDOR	21,2	21,5	22,7	21,8
COCINA	22,4	22,3	22,9	22,5
DORMITORIO	21,5	21,5	21,7	21,9
S.S.H.H	21,5	21,5	21,4	21,4
TEMPERATURA PROMEDIO °C				21,8

Fuente: Mediciones in situ

Para analizar la temperatura radiante de la vivienda se realizó en el mes de junio

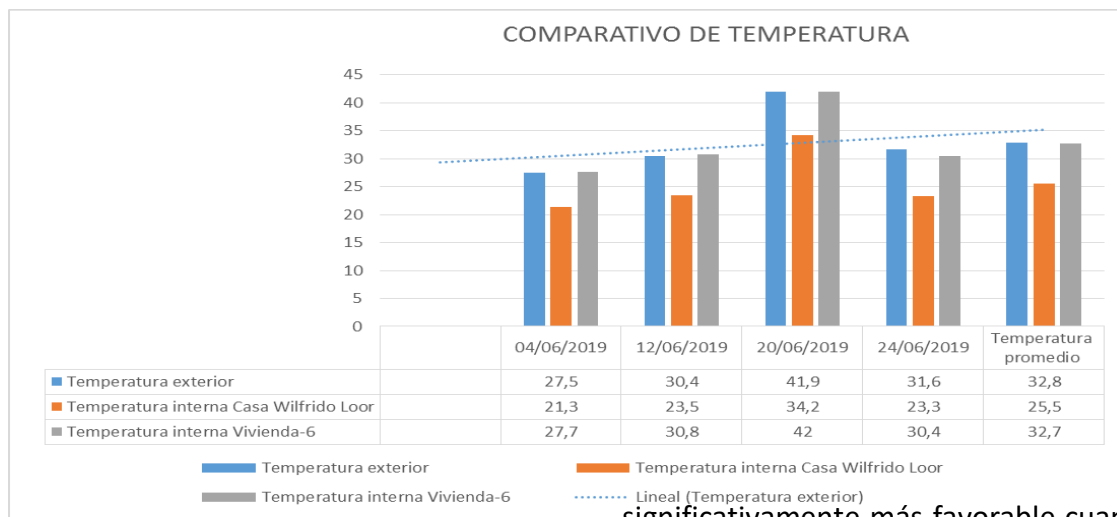
coincidiendo con el análisis de las viviendas del estudio de caso para que pudiera existir

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA GUADÚA COMO ENVOLVENTE

una posibilidad de comparación controlada con la vivienda- 6 objeto de la intervención. Además, se realizaron en el horario de las 12 del día pues es el momento en que mayormente inciden los rayos solares. Al realizar las mediciones respectivas de temperatura radiante se pudo constatar que

en el interior de la vivienda con relación a la externa existió 7 °C menos. En el momento de la medición existían 29 °C en el exterior sin embargo en el interior de la vivienda se cuantifico una temperatura radiante promedio de 21,8 °C.

Figura 119. Análisis de las viviendas según temperatura externa en relación a la temperatura interna de ambas viviendas en el horario de las 12:00H del día.



Al examinar la temperatura interna en ambas viviendas en relación con la temperatura exterior, tal como se ilustra en la Figura 74, se observó que la Casa Wilfrido Loor registraba una diferencia térmica de 7 °C en el mismo momento y fecha. Este hallazgo evidencia que el confort higrotérmico percibido en el interior es

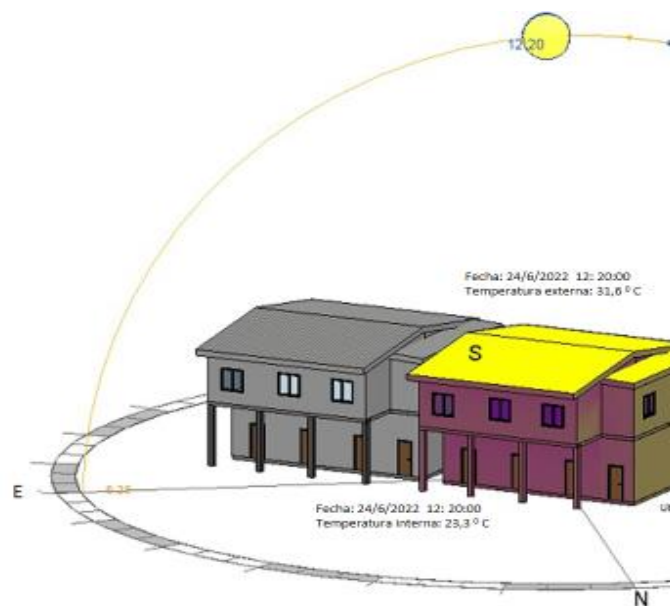
significativamente más favorable cuando se emplea una envolvente de caña guadúa. Esta comparativa resalta la eficacia de la caña guadúa en moderar las condiciones internas, subrayando su superioridad en proporcionar un ambiente más confortable y termorregulador en comparación con otras estructuras analizadas.

Figura 120. Análisis de la radiación solar en el horario de 12:00H del día y su relación con la temperatura interna Casa Wilfrido Loor

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA GUADÚA COMO ENVOLVENTE

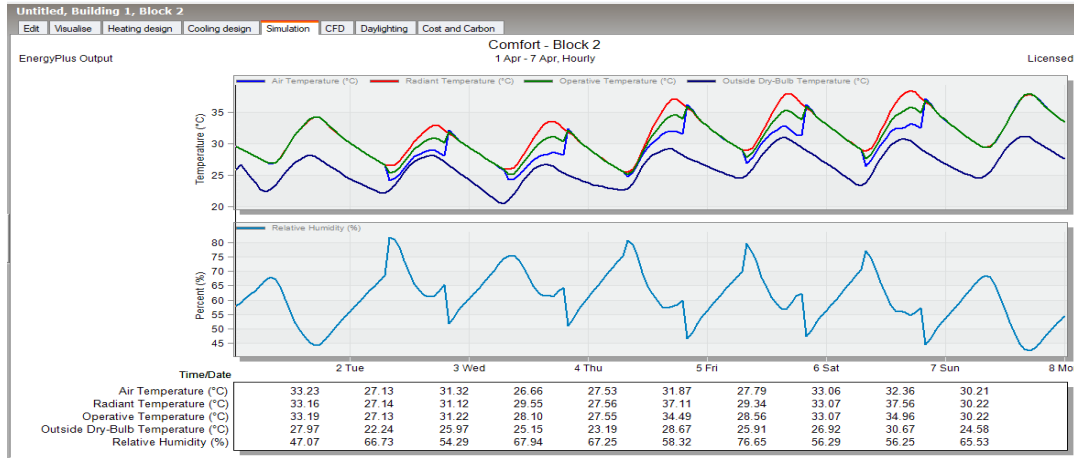
En el análisis sobre la incidencia de la radiación solar, presentado en la Figura 75, se destaca que al mediodía los rayos solares impactan perpendicularmente sobre el 100% de la cubierta de la vivienda, lo cual teóricamente debería incrementar la temperatura interior. Sin embargo, según la percepción de los trabajadores del lugar y aplicando la escala de ASHRAE, el ambiente interior se mantuvo fresco, con una temperatura registrada de 23.30 °C en ese momento. Este fenómeno sugiere una disociación entre la intensidad de la radiación solar directa y el confort térmico percibido dentro de la estructura. Un factor determinante en este comportamiento es la

configuración de la cubierta, que, a pesar de estar compuesta por zinc antiguo, incluye un revestimiento de caña guadúa. Esta combinación crea una cámara de aislamiento térmico eficaz que bloquea el traspaso del calor radiante hacia el interior, evidenciando la notable capacidad de la caña guadúa para absorber el calor. Este hallazgo subraya la importancia de los materiales y las técnicas de construcción en la regulación térmica de los espacios habitados, demostrando cómo soluciones arquitectónicas vernáculas pueden contribuir significativamente al confort higrotérmico, incluso en condiciones de alta exposición solar.



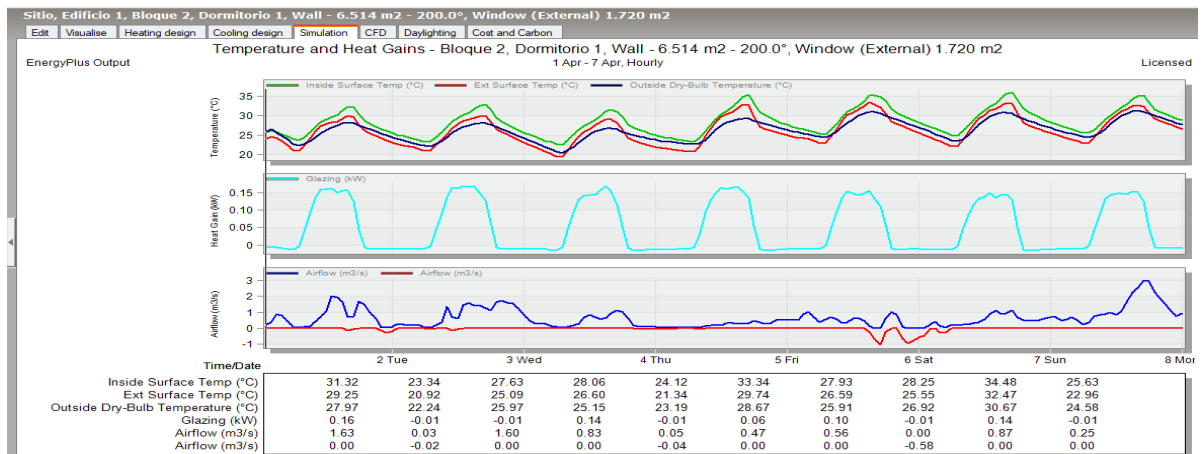
Análisis Bioclimático

Figura 121. Gráficos de confort de la Casa Wilfrido Loor. Portoviejo



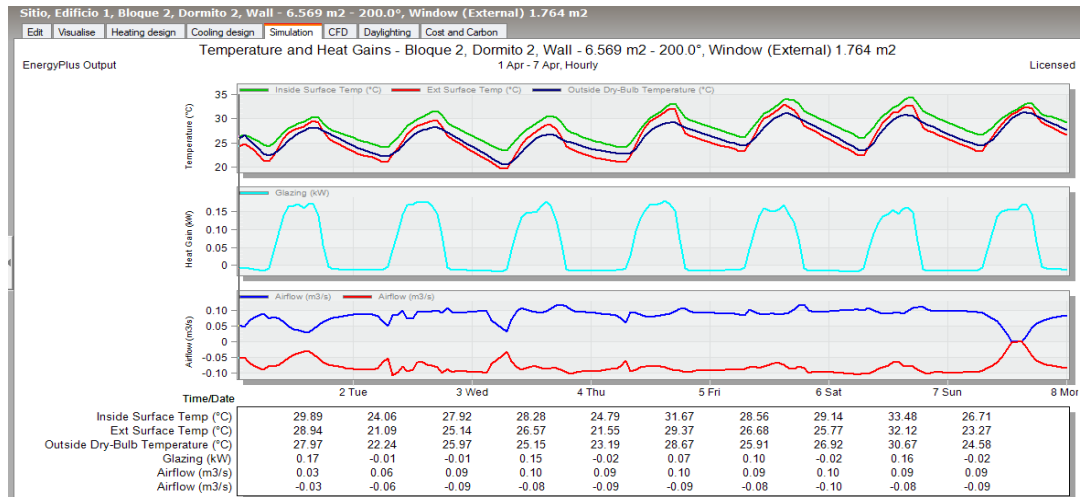
Gráficos de confort de la semana del 1 al 7 de abril a nivel general de la vivienda
 Los valores de temperaturas en su gran mayoría se presentan y la mayoría de valores de porcentajes de humedad relativa también.

Figura 122. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 1



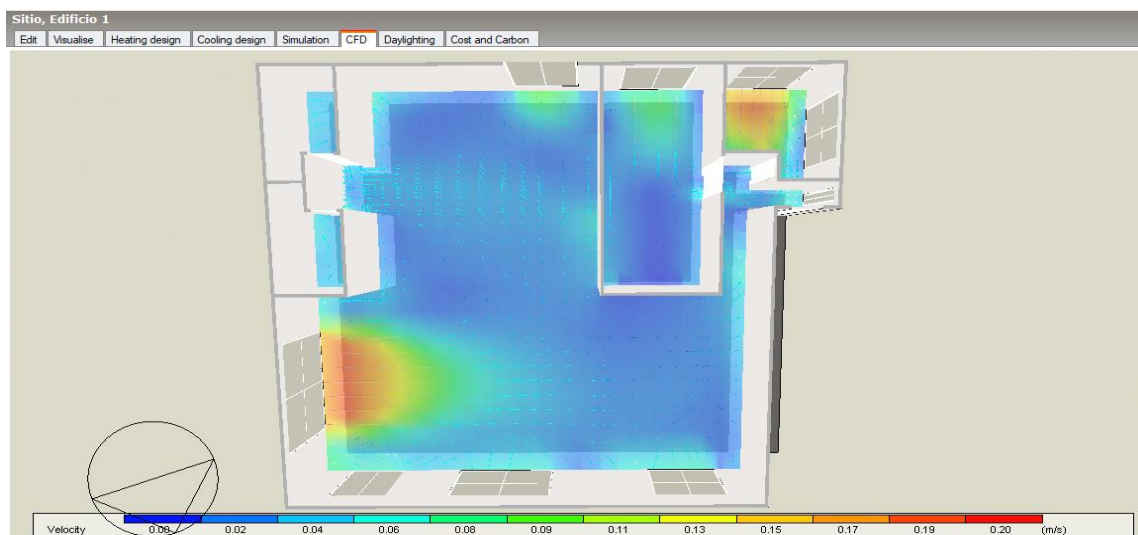
No existe un equilibrio de caudales sin embargo hay calidad del aire media y baja.

Figura 123. Caudales de aire entrante y saliente para la semana del 1 al 7 de abril, en la ventana del dormitorio 2



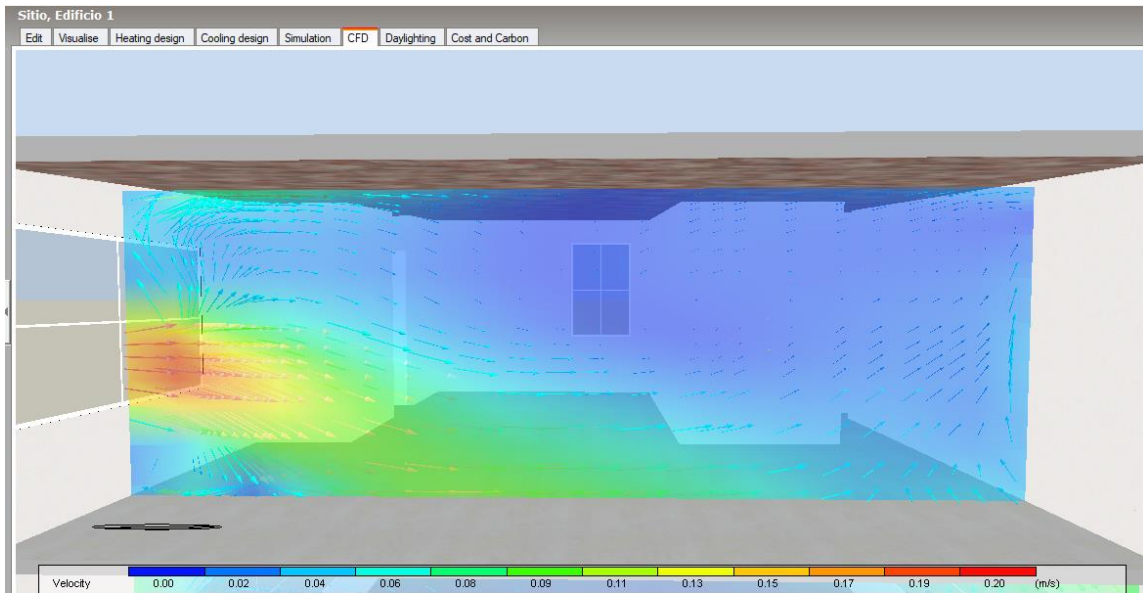
Si hay equilibrio de caudales, pero los niveles de calidad del aire son bajas.

Figura 124. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril



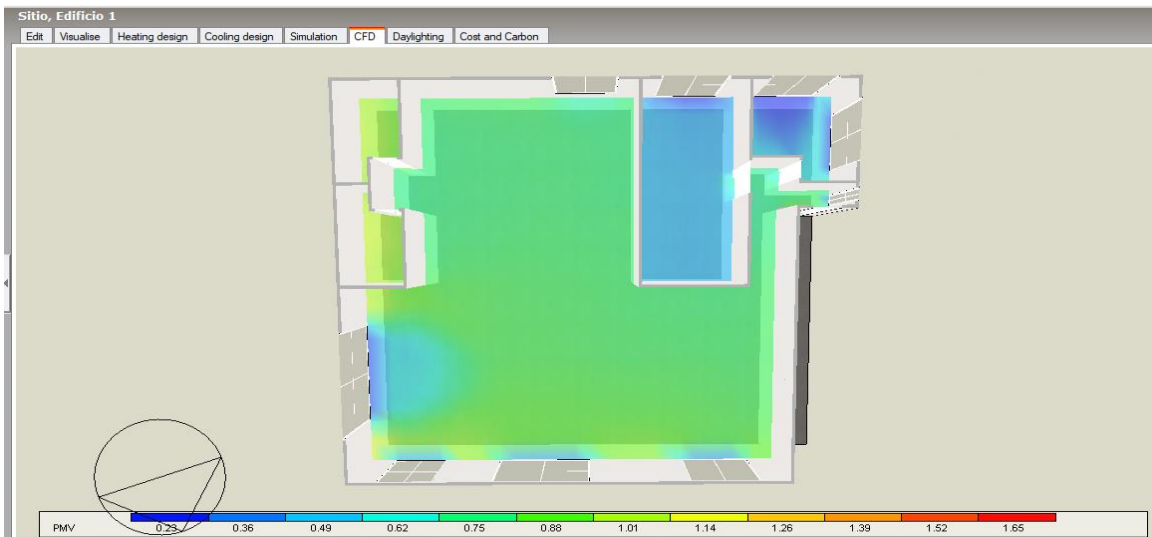
La velocidad del aire presenta valores promedios admisibles

Figura 125. Vista de los contornos de velocidad del viento del día 4 de abril



La velocidad del aire presenta valores promedios admisibles

Figura 126. Datos PMV (Predicted mean vote)



Rangos de valores Neutros del resultado fanger, desde una altura referente al plano de trabajo (0.90m).

El análisis minucioso de la Casa Wilfrido Loor ha revelado de manera contundente cómo la integración de la caña guadúa en la envolvente arquitectónica se erige como una opción sostenible y estéticamente atractiva para el diseño de viviendas en Portoviejo, que no solo cumplen con altos estándares de confort térmico, sino que también respetan y realzan la belleza del entorno. Esta edificación, que desafía el paso del tiempo manteniéndose firme y funcional tras casi un siglo desde su construcción, sirve como un claro ejemplo de la durabilidad y la resiliencia que ofrecen los materiales sostenibles como la caña guadúa y la madera. Estos materiales, no solo abundantes y accesibles en la región, sino también portadores de una baja huella ecológica, reflejan una armonía entre la construcción humana y el medio ambiente.

Más allá de su resistencia y sostenibilidad, la Casa Wilfrido Loor destaca por su capacidad para ofrecer un ambiente interior confortable y climáticamente adecuado, demostrando así la eficacia de la caña guadúa en la regulación de las temperaturas internas y la promoción de una ventilación natural eficiente. Esta

característica es particularmente valiosa en el clima tropical de Portoviejo, donde el manejo adecuado de la temperatura y la humedad internas son cruciales para el bienestar de sus habitantes.

La utilización de estos materiales no solo atiende a criterios de funcionalidad y sostenibilidad, sino que también incide positivamente en la estética de las edificaciones, aportando texturas, colores y formas que se integran de manera natural con el paisaje local y reflejan la identidad cultural de la región. La Casa Wilfrido Loor, en este sentido, no solo es un modelo de arquitectura sostenible sino también un testimonio de cómo la integración de prácticas constructivas tradicionales con innovaciones contemporáneas puede resultar en creaciones arquitectónicas que son tanto innovadoras como respetuosas con el legado histórico y cultural.

Este caso de estudio subraya la importancia de reconsiderar los materiales y técnicas constructivas en el diseño de viviendas modernas, abogando por un enfoque que priorice la eficiencia energética, el confort ambiental y la estética, sin comprometer la responsabilidad ecológica.

La Casa Wilfrido Loor, por lo tanto, se posiciona como un faro de inspiración, demostrando que es posible alcanzar la excelencia en confort higrotérmico y estética arquitectónica a través del uso consciente y creativo de recursos naturales y sostenibles.

3.4 Análisis comparativo de las viviendas construidas en hormigón con las construidas en caña guadúa

A continuación, se muestran gráficos de detalles de las viviendas analizadas anteriormente.

Vivienda 1

Material: Mampostería en ladrillo.

Características: El ingreso de aire es limitado; la mampostería en ladrillo ayuda a conservar la temperatura interna sin regulación.

Impacto en confort higrotérmico: La estructura conserva calor, potencialmente útil en climas fríos, pero puede ser inconveniente en climas cálidos debido a la limitada ventilación.

Figura 127. Detalle de vivienda 1



ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONFORT EN VIVIENDAS URBANAS DE PORTOVIEJO: EL PAPEL DE LA CAÑA
GUADÚA COMO ENVOLVENTE

El ingreso del aire es limitado y al ser la mampostería en ladrillo se conserva la temperatura interna sin ser regulada.

Vivienda 2

Material: Mampostería en bloque.

Características: Similar comportamiento térmico al ladrillo.

Impacto en confort higrotérmico: Al igual que la Vivienda 1, mantiene la temperatura interna, lo que puede ser menos deseable en temperaturas altas sin una adecuada regulación ambiental.

Figura 128. Detalle de vivienda 2



La temperatura interna con la mampostería en bloque, presenta el mismo comportamiento que el ladrillo.

Vivienda 3

Material: No especificado, pero similar en diseño a las anteriores.

Características: Buena altura interna, pero la materialidad de la envolvente contribuye a mantener una temperatura interna no confortable.

Impacto en confort higrotérmico: A pesar de la altura, que normalmente favorece una mejor circulación de aire, la envolvente no contribuye efectivamente al confort térmico.

Figura 129. Detalle de vivienda 3



A pesar de tener buena altura en el interior de la vivienda, la materialidad de la envolvente contribuye a mantener una temperatura interna no confortable.

Vivienda 4

Material: Mampostería de bloque.

Características: Cubierta interna que no compensa la transmisión de temperatura externa.

Impacto en confort higrotérmico: La estructura transmite la temperatura exterior, lo que puede resultar en un interior demasiado caliente o frío dependiendo del clima externo.

Figura 130. Detalle de vivienda 4



Aunque la cubierta se vea amortiguada por un tumbado en su interior, la mampostería de bloque logra transmitir la temperatura externa.

Vivienda 5

Material: Caña guadúa.

Características: La envolvente permite el intercambio de aire a través de nervaduras e intersticios, renovando constantemente la temperatura interna.

Impacto en confort higrotérmico: Esta configuración favorece una adecuada regulación de la humedad y la temperatura, manteniendo el interior más confortable y adaptado a variaciones climáticas.

Figura 131. Detalle de vivienda 5



La envolvente en caña guadúa permite a través de sus nervaduras e intersticios el intercambio del aire, renovando constantemente su temperatura interna y favoreciendo una adecuada higrotermia.

Vivienda 6

Material: Similar a la Vivienda 5, caña guadúa.

Características: Comportamiento térmico favorable debido a la envolvente similar a la Vivienda 5.

Impacto en confort higrotérmico: Al igual que la Vivienda 5, ofrece un ambiente interno confortable gracias a su capacidad para facilitar el intercambio térmico y de humedad efectivo.

Figura 132. Detalle de vivienda 6



En la casa Wilfrido Loor, el comportamiento de la temperatura interna se ve favorecida igualmente que en el caso anterior por poseer la misma tipología de envolvente.

Las viviendas construidas con mampostería de ladrillo o bloque (Viviendas

1, 2, 3 y 4) tienden a conservar la temperatura interna, lo cual puede no ser ideal en climas cálidos sin sistemas de regulación térmica adecuados. Por el contrario, las viviendas construidas con caña guadúa (Viviendas 5 y 6) muestran una capacidad superior para regular

naturalmente la temperatura y la humedad, lo que las hace más adecuadas para un rango más amplio de condiciones climáticas y más confortables para sus habitantes. Este análisis subraya la importancia de seleccionar materiales apropiados para la envolvente que no solo respondan a los retos estéticos y estructurales, sino que también optimicen el confort higrotérmico dentro de las viviendas.

La revisión y análisis de los diversos espacios, fichas técnicas descriptivas de observación in situ de las viviendas, análisis térmico e higrotérmico que el uso de estos materiales le permite tener al interior de la vivienda, arrojan datos importantes que inducen de manera significativa en el escogimiento del recurso más apropiado para utilizarlo como envolvente y efectivizar así el confort térmico al interior de las viviendas.

3.5. Análisis de los resultados de la entrevista

El análisis de datos de los resultados de una entrevista es fundamental en una investigación ya que permite obtener información valiosa y objetiva sobre las respuestas de los entrevistados. En ese sentido se presentan los resultados obtenidos.

Entrevistado 1

Entrevista al Arq. Jorge Morán Ubidia, Docente jubilado de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil-Cantón Guayaquil - Provincia del Guayas – República del Ecuador.

Figura 133. Entrevista al Arq. Jorge Morán Ubidia. Ciudad de Guayaquil. Provincia del Guayas. República del Ecuador. (2019). Realizada por las estudiantes colaboradoras de la investigación.

1. ¿Qué entiende usted por confort climático y confort higrotérmico?

En cuestión del clima por la intensidad del sol y la lluvia es necesario elevar las viviendas por las inundaciones. Al hablar de confortable es cuando la familia que vive en el interior de ella se siente segura, feliz, confortable en cuanto a la vivienda y a todos los elementos que lo rodean y estar segura de que no se va a caer su vivienda. Las personas tienen que sentirse en confort con sí mismo, no solamente la parte física sino también la parte natural. El envoltente que es la caña es un material fuerte y resistente.

2. ¿Considera que las viviendas de la ciudad de Portoviejo aprovechan los recursos climáticos en beneficio del confort?

No solo con el diseño de la vivienda sino con sus materiales, la orientación del sol y la protección para la lluvia. El sol para que no afecte, tiene que orientarse para que no incida el sol a la fachada principal.



3. ¿De qué manera cree usted que deberían ser diseñadas y construidas las viviendas aprovechando las condiciones climáticas?

Desde el diseño, los materiales y la forma de la vivienda que esté hecha para que en lo posible evite el sol o sea mínimo el sol, evite el viento fuerte, las viviendas se deben analizar de acuerdo a cómo y dónde la voy a ubicar.

4. ¿En qué parte de la vivienda podría aplicar un sistema de aislamiento térmico que propicie el confort climático?

En los dormitorios, porque es la parte donde descansa la familia y si hay mucho calor en las otras áreas se puede poner aparatos artificiales, porque en una casa que esté en el campo y no tenga energía eléctrica como puede poner los aparatos artificiales entonces deben aprovechar la ventilación natural.

5. ¿Qué tan asequible es utilizar la caña guadúa en cuanto a costo, durabilidad y comportamiento en nuestro medio?

Si se compara con una tabla y la mala madera que existe actualmente, la caña es la mejor opción por ser económica y natural. La caña empieza tomar un costo cuando se preserva, se desconoce las formas de hacer prevención no solamente con químicos son con el sistema natural. En cuanto a costo las personas que poseen cañales las venden a un buen precio, y el comportamiento de la caña con su debido tratamiento funciona de manera correcta con nuestro medio.

6. ¿Qué elementos usted consideraría que deban constituirse en los principales recubrimientos de las viviendas sobre sus fachadas más afectadas climáticamente?

El mejor recubrimiento es utilizar la caña bien fina ya que se la puede colocar con un sistema de cemento, realizando un procedimiento adecuado para la unión de la caña con el cemento, echándole bastante agua porque si no, el material se parte.

7. ¿Creé usted que la caña guadúa es un material con el cual se podría solucionar y propiciar el confort climático en la vivienda?

Sí, porque en la actualidad hay gente que se está preocupando de esto y la caña es un material que nos proporciona frescura en los espacios.

8. ¿Podría usted jerarquizar a los espacios de las viviendas en el orden que considera que deben recibir mayor atención al confort climático? (Sala, comedor, cocina, dormitorio, baño, bodega, terraza, balcón y escalera).

Todos los espacios deben recibir mayor atención al confort climático, pero hay que darle prioridad a la cocina manabita por ser un área intermedia y de concentración

Entrevistado 2

Entrevista al Arq. Cristhian Melgar Véliz. Docente investigador del Centro de investigación bioclimática aplicada a la arquitectura sustentable (CIBAS) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí-Cantón Manta - Provincia de Manabí – República del Ecuador.

Figura 134. Entrevista al Arq. Cristhian Melgar. Ciudad de Manta. Provincia de Manabí. República del Ecuador. (2019). Realizada por las estudiantes colaboradoras de la investigación.



1. ¿Qué entiende usted por confort climático y confort higrotérmico?

Es la sensación de bienestar térmica regulada a las condiciones físicas naturales del cuerpo humano por medio del aprovechamiento de las energías pasivas lo que le permite a una persona desenvolverse más cómodamente en un determinado espacio.

2. ¿Considera que las viviendas de la ciudad de Portoviejo aprovechan los recursos climáticos en beneficio del confort?

La contemporaneidad de la arquitectura en nuestra provincia se ha dejado influenciar por un valor estético basado en el mimetismo arquitectónico internacional, el uso de criterios bioclimáticos en las viviendas se ha visto relegado y por ende no existe un aprovechamiento significativo de las energías pasivas.

3. ¿De qué manera cree usted que deberían ser diseñadas y construidas las viviendas aprovechando las condiciones climáticas?

Estudiando las condiciones naturales que brinda el entorno donde se piensa implantar la vivienda, esto permitirá obtener directrices de diseño para mejorar las condiciones térmicas internas de la vivienda.

4. ¿En qué parte de la vivienda podría aplicar un sistema de aislamiento térmico que propicie el confort climático?

Dormitorios, dependiendo del emplazamiento y aprovechamiento de los factores exógenos.

5. ¿Qué tan asequible es utilizar la caña guadúa en cuanto a costo, durabilidad y comportamiento en nuestro medio?

Dependiendo el uso que se le dé al bambú, el costo variará. Será necesario usar el bambú con su debido proceso de inmunización a un costo mercado de alrededor de \$9.00 a \$12.00 los 6 metros útiles para estructuras, éste proceso permite la durabilidad y mayor resistencia del material para cualquier proyecto.

6. ¿Qué elementos usted consideraría que deban constituirse en los principales recubrimientos de las viviendas sobre sus fachadas más afectadas climáticamente?

Los elementos vernáculos (materiales de la propia zona o comúnmente conocidos como naturales) son idóneos ya que sus propiedades físicas tienen la capacidad de aislar y proteger térmicamente las fachadas expuestas directamente a las radiaciones solares en las horas más incidentes del día.

7. ¿Cree usted que la caña guadúa es un material con el cual se podría solucionar y propiciar el confort climático en la vivienda?

Las características físicas del bambú aportan a una disminución de temperatura radiante que influye directamente en el confort higrotérmico, así que el bambú como la madera es una excelente opción para una aplicabilidad como aislante térmico.

En este sentido, las entrevistas realizadas a los Arquitectos Jorge Morán Ubidia y Cristhian Melgar Véliz proporcionan valiosas perspectivas sobre el uso de materiales tradicionales y modernos en la construcción para mejorar el confort climático y higrotérmico en viviendas. Ambos expertos coinciden en la importancia de diseñar viviendas que se adapten al clima local utilizando técnicas bioclimáticas y materiales adecuados como la caña guadúa.

El Arquitecto Morán enfatiza la necesidad de elevar las viviendas para protegerlas de inundaciones y utilizar la orientación de las viviendas para minimizar el impacto del sol directo. Subraya la eficacia de la caña guadúa como un material

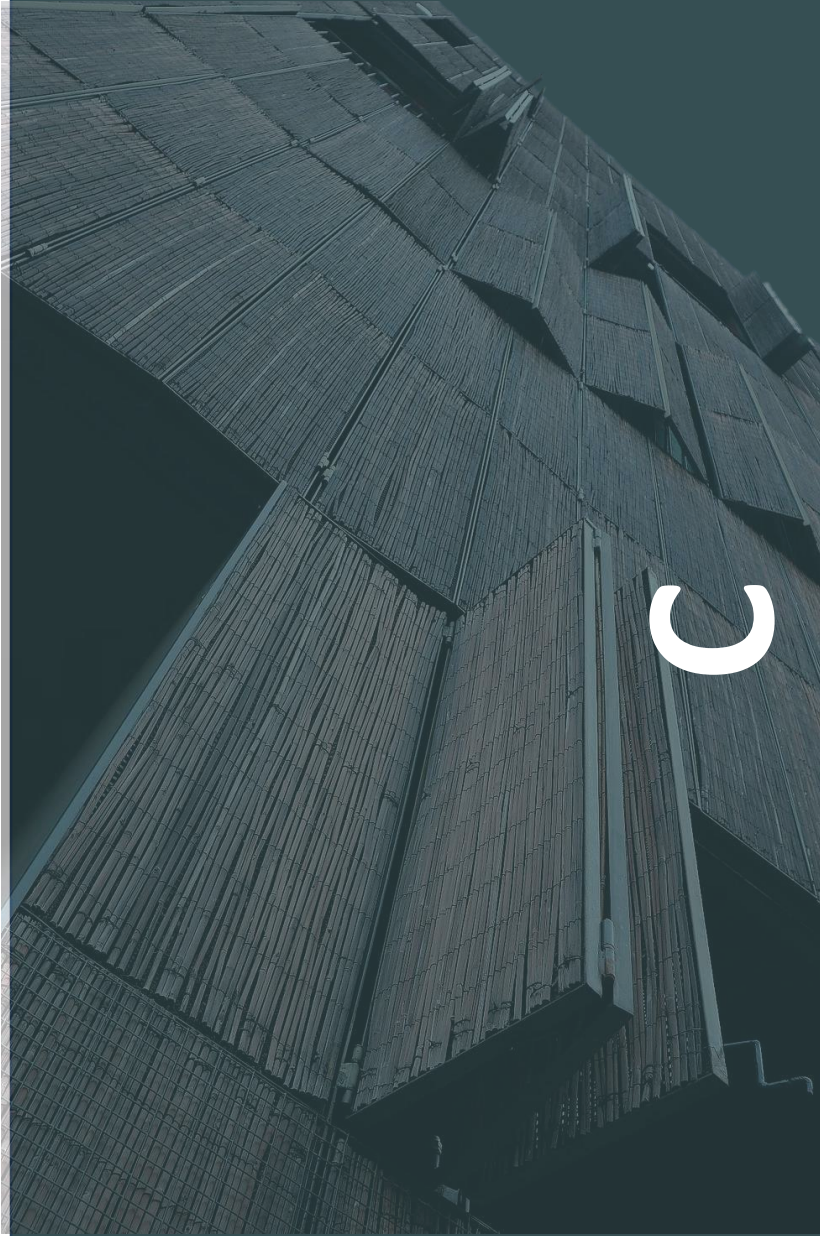
económico y natural que proporciona un ambiente confortable y seguro. Morán sugiere que los dormitorios deben recibir atención prioritaria para el aislamiento térmico, proponiendo el uso de ventilación natural como una estrategia efectiva para mantener el confort sin dependencia de energía eléctrica.

Por otro lado, el Arq. Melgar critica la tendencia actual en la arquitectura de su región por adoptar estilos que no consideran el clima local, lo que resulta en un uso insuficiente de energías pasivas. Él propone que el diseño de viviendas debe ser informado por un estudio detallado del entorno natural para maximizar el confort térmico interno. Melgar también destaca la caña guadúa por su potencial como aislante térmico y su contribución a la reducción de la temperatura radiante interna, lo cual es crucial para el confort higrotérmico.

Las entrevistas subrayan la relevancia de integrar principios bioclimáticos en el diseño arquitectónico, especialmente en regiones susceptibles a condiciones climáticas extremas como Manabí. La utilización de materiales locales y sostenibles, como la caña guadúa, no solo es

económicamente viable sino también ecológicamente responsable. Estos expertos recomiendan que las viviendas deben ser diseñadas con una orientación que aproveche las condiciones climáticas naturales para promover el bienestar de sus habitantes y proteger el ambiente.

Ambas entrevistas refuerzan la idea de que la arquitectura sostenible y el confort higrotérmico no son solo cuestiones de elección de materiales, sino que también requieren un enfoque integrador que considere la orientación de las edificaciones, la aplicación de técnicas de aislamiento adecuadas y un diseño que responda específicamente a los desafíos climáticos locales. Estos principios son fundamentales para la propuesta de "La envolvente de la vivienda urbana contemporánea de Manabí en caña guadúa como aporte al confort higrotérmico", ofreciendo un camino hacia soluciones habitacionales más adaptativas y resilientes.



C

AP

ÍT

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES

La discusión de los resultados obtenidos en el estudio sobre el confort higrotérmico de las viviendas urbanas contemporáneas en Portoviejo Manabí, en relación con el marco teórico establecido, revela aspectos significativos sobre la percepción del confort térmico, las condiciones de las viviendas, y la satisfacción de los ocupantes. Esta discusión se centra en comparar los hallazgos con las teorías y estudios previos, destacando las correlaciones significativas y las discrepancias.

Percepción del Confort Térmico

Los resultados de la encuesta muestran que la mayoría de los participantes perciben su entorno como 'cálido', 'ligeramente cálido' o 'neutral'. Esto concuerda con el concepto de confort térmico que sostiene que la sensación de bienestar es subjetiva y varía entre individuos y contextos. Estudios anteriores, como los de Fanger y los modelos de confort adaptativo, enfatizan esta variabilidad en la percepción térmica. La correlación significativa encontrada entre la sensación térmica y la hora de la entrevista refleja la influencia de factores ambientales y temporales en la percepción del confort, alineándose con los modelos adaptativos que sugieren una respuesta térmica dependiente del clima y las condiciones ambientales.

Esta variabilidad en la percepción del confort térmico es crucial en la evaluación del bienestar de los ocupantes de una vivienda. Es importante destacar que el confort térmico no se basa únicamente en mediciones objetivas como la temperatura del aire y la humedad relativa, sino también en factores subjetivos relacionados con la actividad metabólica, la vestimenta y las expectativas personales. Además, el confort térmico está influido por el diseño arquitectónico y las características constructivas de las viviendas, que pueden modificar la experiencia térmica a través de la ventilación, la orientación y los materiales utilizados.

Los modelos de confort adaptativo, como el propuesto por Nicol y Humphreys,

reconocen que las personas se adaptan a su entorno a través de medios conductuales, fisiológicos y psicológicos. Por ejemplo, la adaptación conductual puede incluir ajustes en la vestimenta o el uso de dispositivos de control climático, como ventiladores o aires acondicionados. La adaptación fisiológica se refiere a la aclimatación del cuerpo a diferentes condiciones térmicas a lo largo del tiempo. Por último, la adaptación psicológica implica una modificación en las expectativas y percepciones de los individuos sobre lo que consideran un ambiente térmicamente confortable.

Otro aspecto a considerar es la influencia de factores culturales y geográficos en la percepción del confort térmico. Diferentes culturas y regiones geográficas pueden tener distintas expectativas y normas en cuanto a lo que se

Beneficios como aporte al confort

La comprensión de la percepción del confort térmico ofrece múltiples beneficios para el bienestar de los ocupantes de espacios habitacionales, enfocándose en la personalización del confort mediante la adaptación del diseño arquitectónico a las

considera una temperatura ambiente confortable. Esto sugiere que las estrategias de diseño y las soluciones tecnológicas para el confort térmico deben ser adaptadas y personalizadas para satisfacer las necesidades específicas de los usuarios en su contexto particular.

En este contexto, la percepción del confort térmico es un fenómeno complejo y multidimensional que requiere un enfoque holístico para su comprensión y gestión. Los resultados de la encuesta en Portoviejo Manabí resaltan la importancia de considerar una amplia gama de factores, desde las condiciones ambientales y la arquitectura hasta las respuestas adaptativas y las preferencias personales, para mejorar la calidad de vida y el bienestar de los habitantes en las viviendas urbanas contemporáneas.

necesidades individuales. Esta personalización se logra al integrar factores subjetivos como la actividad metabólica, la vestimenta y las expectativas personales, junto con factores objetivos como la temperatura y la humedad, en el diseño de viviendas.

Utilizando modelos de confort adaptativo, tales como los propuestos por Nicol y Humphreys, se permite que los ocupantes modifiquen su comportamiento y entorno para optimizar su confort térmico, adaptándose tanto fisiológica como conductualmente a variaciones climáticas. Además, la consideración de diferencias culturales y geográficas en la percepción del confort térmico refuerza la necesidad de desarrollar soluciones arquitectónicas y tecnológicas que sean relevantes y específicas para cada contexto, mejorando así la calidad de vida y promoviendo entornos habitacionales más resilientes y energéticamente eficientes. Este enfoque holístico no solo mejora la satisfacción y el bienestar general de los residentes, sino que también contribuye significativamente a su salud física y mental, adaptándose a los desafíos ambientales y sociales actuales.

Condiciones de la vivienda

La mayoría de las viviendas estudiadas presentan características estructurales como paredes de caña guadúa y cubiertas de zinc, lo que implica una construcción tradicional y vernácula. Sin embargo, muchos participantes

consideraron que las viviendas carecen de ventanas suficientes, lo que afecta negativamente la ventilación natural y, por ende, el confort térmico. Este hallazgo resalta la importancia de integrar aspectos de la arquitectura bioclimática, como propuesto por los estudios de arquitectura adaptada al clima, para mejorar la habitabilidad y eficiencia energética de las viviendas.

Este enfoque bioclimático se enfoca en diseñar viviendas que no solo se integren armoniosamente con el entorno natural, sino que también aprovechen al máximo los recursos disponibles como la luz solar, la ventilación natural y los materiales locales, para crear espacios confortables y sostenibles. La falta de ventilación adecuada, como se observó en el estudio, puede llevar a un ambiente interior viciado y a un aumento en la temperatura interna, lo cual no es óptimo para la salud y el bienestar de los ocupantes. Además, la ventilación insuficiente puede contribuir a problemas de humedad, lo que a su vez puede afectar la durabilidad de los materiales de construcción y la calidad del aire interior.

La utilización de materiales como la caña guadúa, un recurso natural y sostenible, es un aspecto positivo en términos de construcción sostenible y eficiencia energética. Sin embargo, para maximizar los beneficios de estos materiales, es crucial que el diseño arquitectónico también considere otros aspectos como la orientación de la vivienda, la distribución de los espacios y la ubicación y tamaño de las aberturas. Estos factores pueden influir significativamente en la regulación térmica natural y en la eficiencia energética general de la vivienda.

Además, el diseño bioclimático no solo se trata de adaptarse al clima, sino también de considerar las necesidades y el estilo de vida de los ocupantes. Por ejemplo, en zonas donde se prefieren espacios abiertos o semiabiertos, el diseño debería facilitar tales configuraciones sin comprometer la eficiencia energética o el confort térmico. Esto implica un enfoque integrado que combina sabiamente las técnicas de construcción tradicionales con tecnologías modernas y prácticas de diseño sostenible.

En síntesis, los resultados del estudio subrayan la necesidad de una mayor

atención al diseño bioclimático y la arquitectura sostenible en la construcción de viviendas urbanas contemporáneas. Mientras que la adopción de materiales locales y técnicas de construcción tradicionales es un paso en la dirección correcta hacia la sostenibilidad, es esencial complementar estos con un diseño inteligente que optimice la ventilación natural, la iluminación y el confort térmico. Esto no solo mejorará la calidad de vida de los ocupantes, sino que también contribuirá a la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

Beneficios como aporte al confort

El beneficio principal del enfoque bioclimático en la construcción de viviendas, como se desprende de lo anteriormente expresado, radica en su capacidad para mejorar significativamente el confort térmico y la eficiencia energética, integrando de manera óptima el entorno natural y los recursos disponibles. Este tipo de diseño arquitectónico no solo se alinea con prácticas sostenibles al utilizar materiales locales como la caña guadúa y adaptarse a las condiciones climáticas, sino que también optimiza aspectos fundamentales como la ventilación natural y la iluminación solar.

La falta de suficientes ventanas en las viviendas estudiadas destacó los desafíos de mantener una buena calidad de aire y una temperatura interna adecuada, lo que puede llevar a ambientes interiores viciados y aumentar los costos energéticos debido a una dependencia mayor en sistemas de climatización artificial. Además, un diseño bioclimático adecuado puede mitigar problemas de humedad que afectan la durabilidad de los materiales y la salud de los ocupantes, proveyendo así un ambiente más saludable y confortable.

Por lo tanto, adoptar un enfoque holístico que combine técnicas tradicionales con tecnologías modernas y prácticas de diseño orientadas a la sostenibilidad puede transformar significativamente la calidad de vida en las viviendas urbanas contemporáneas, asegurando su viabilidad a largo plazo y su menor impacto ambiental.

Hacinamiento

La comparación de la variable de hacinamiento, tal como se presenta en los resultados de la encuesta de confort térmico para viviendas urbanas contemporáneas en Portoviejo Manabí y en el contexto de la

literatura, revela aspectos importantes sobre el impacto del hacinamiento en la percepción del confort higrotérmico.

El hacinamiento, medido en términos de la densidad ocupacional de las viviendas (número de personas por habitación), es una variable crítica en el estudio del confort higrotérmico. En la literatura, se sugiere que el hacinamiento puede afectar la calidad del aire interior, la distribución del calor y la percepción general del confort. En la encuesta realizada, se observó que una minoría de los participantes vivía en condiciones de hacinamiento (densidad de ocupación igual o mayor a 3 personas por habitación).

Los resultados de la encuesta no mostraron una relación estadísticamente significativa entre el hacinamiento y la escala de sensación térmica. Esto podría interpretarse de dos maneras. Por un lado, puede sugerir que la densidad ocupacional por sí sola no es un determinante directo del confort térmico. Por otro lado, podría reflejar limitaciones en la metodología de la encuesta o en la muestra seleccionada, lo que no permite capturar completamente el

impacto del hacinamiento en la sensación térmica.

El hacinamiento también debe considerarse en el contexto de las condiciones generales de vivienda. Las viviendas con alta densidad ocupacional podrían tener una menor capacidad para dispersar eficientemente el calor, lo que podría afectar adversamente la comodidad térmica. Además, la menor disponibilidad de espacio podría limitar la eficacia de las estrategias de enfriamiento pasivo, como la ventilación natural, especialmente en viviendas con insuficientes aberturas de ventilación.

Las teorías de confort térmico y modelos de habitabilidad enfatizan la importancia de un entorno de vivienda adecuado para el bienestar de sus ocupantes. En este sentido, el hacinamiento puede ser visto como un factor que contribuye al estrés térmico y la insatisfacción, incluso si no se demuestra una correlación directa con la percepción de la temperatura.

En síntesis, la relación entre hacinamiento y confort térmico es compleja

y multifacética. Aunque los resultados de la encuesta no muestran una correlación directa entre hacinamiento y sensación térmica, es importante reconocer que el hacinamiento puede interactuar con otros factores, como la calidad de la vivienda, para influir en la percepción del confort térmico. Este hallazgo destaca la necesidad de abordar el hacinamiento no solo como un problema social, sino también como un componente importante en el diseño y mejora de las condiciones de vivienda para un confort higrotérmico óptimo.

Beneficios como aporte al confort

El análisis de la variable de hacinamiento en relación con el confort térmico revela que, aunque no se encontró una correlación estadísticamente significativa entre la densidad ocupacional y la percepción del confort térmico en las viviendas estudiadas, el hacinamiento tiene implicaciones importantes que pueden afectar indirectamente el bienestar de los ocupantes. En primer lugar, viviendas con alta densidad ocupacional pueden enfrentar desafíos para dispersar el calor de manera eficiente, lo que puede conducir a un aumento de la temperatura interna y, por

consiguiente, a un confort térmico reducido. Este fenómeno es especialmente problemático en hogares con insuficientes aberturas para la ventilación natural, ya que la capacidad de enfriamiento pasivo se ve comprometida, limitando las estrategias para moderar la temperatura interior sin recurrir a sistemas de climatización activos que consumen más energía.

Además, el hacinamiento puede intensificar problemas de calidad del aire interior debido a una mayor producción de CO₂ y otros contaminantes, lo que no solo afecta la comodidad térmica sino también la salud respiratoria de los habitantes. Asimismo, las condiciones de hacinamiento pueden contribuir al estrés psicológico y físico, aumentando la sensación de insatisfacción y disconformidad con el ambiente habitacional. Por lo tanto, abordar el hacinamiento no solo responde a una necesidad social y ética de proporcionar viviendas dignas, sino que también es crucial para mejorar las condiciones de confort térmico y la calidad de vida en general. Este enfoque subraya la necesidad de integrar consideraciones sobre la densidad ocupacional en el diseño y la planificación de viviendas, enfatizando soluciones que

optimicen tanto la distribución espacial como los sistemas de ventilación y enfriamiento, para crear entornos habitacionales más saludables y confortables.

Satisfacción térmica

La satisfacción térmica general mostró que la mitad de los participantes se sienten 'neutrales', seguido de 'algo satisfechos' y 'poco satisfechos'. Este resultado sugiere que, aunque las condiciones de temperatura sean tolerables, no necesariamente garantizan una alta satisfacción. Estos resultados pueden interpretarse a la luz de los modelos de confort térmico, los cuales indican que el confort no solo es una cuestión de equilibrio térmico, sino también de factores psicológicos y sociales. Este hallazgo es particularmente relevante en el contexto de la arquitectura residencial contemporánea, donde el diseño y las condiciones ambientales internas juegan un papel crucial en la percepción del confort.

Los modelos de confort térmico, como el PMV (Predicted Mean Vote) y PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied),

tradicionalmente han enfocado el confort como una respuesta a las condiciones físicas y fisiológicas. Sin embargo, los resultados de la encuesta en Portoviejo Manabí sugieren que las expectativas y experiencias personales tienen un impacto significativo en la satisfacción térmica. Esto resalta la necesidad de ir más allá de los enfoques tradicionales y considerar las dimensiones psicológicas y sociales del confort.

La percepción de 'neutralidad' en el confort térmico puede estar influenciada por varios factores, como la habituación a ciertas condiciones ambientales o la aceptación de un nivel de confort menos óptimo debido a limitaciones en el control del ambiente. Además, la sensación de bienestar en el hogar no solo está determinada por la temperatura, sino también por otros factores como la calidad del aire, la iluminación, el ruido, y la estética del espacio, lo cual puede explicar por qué algunos participantes se sintieron solo 'algo satisfechos' o 'poco satisfechos' a pesar de condiciones de temperatura tolerables.

La interacción social y el estado de ánimo también pueden influir en la percepción del confort térmico. Por ejemplo,

en un entorno familiar o socialmente estimulante, los individuos pueden percibir un mayor nivel de confort térmico que en un entorno solitario o estresante. Esto se alinea con la teoría del confort adaptativo, que sugiere que las experiencias y comportamientos humanos son adaptativos en respuesta a su entorno.

Otro aspecto importante es el papel de las expectativas personales y culturales en la percepción del confort. En diferentes culturas y climas, las personas desarrollan distintas expectativas de lo que es un ambiente confortable. Por ejemplo, en climas cálidos, las personas pueden estar más acostumbradas a temperaturas más altas y, por lo tanto, pueden sentirse cómodas en un rango de temperatura más amplio.

En ese sentido, la satisfacción térmica en las viviendas urbanas contemporáneas es un fenómeno complejo que va más allá de la mera respuesta fisiológica a las condiciones ambientales. Requiere un enfoque integral que considere las dimensiones físicas, psicológicas, sociales y culturales del confort. Para mejorar la satisfacción térmica en la arquitectura residencial, es esencial adoptar

estrategias de diseño que no solo optimicen las condiciones físicas, sino que también atiendan a las necesidades y expectativas de los ocupantes en su diversidad.

Beneficios como aporte al confort

El beneficio fundamental de considerar la satisfacción térmica como un aporte al confort en la arquitectura residencial contemporánea radica en su capacidad para comprender y abordar el confort desde una perspectiva integral que va más allá de las meras condiciones físicas. La satisfacción térmica, como revelan los resultados de la encuesta, no solo depende del equilibrio térmico sino también de una variedad de factores psicológicos y sociales que influyen en cómo las personas perciben su ambiente. Al integrar modelos como el PMV y el PPD, que tradicionalmente consideran aspectos fisiológicos, y expandirlos para incluir dimensiones psicológicas y sociales, se puede alcanzar un entendimiento más profundo del bienestar en el hogar.

Esta amplia perspectiva es crucial porque permite a los arquitectos y diseñadores crear espacios que no solo son

térmicamente confortables, sino que también satisfacen las expectativas culturales y personales de los ocupantes, fomentan interacciones sociales positivas, y mejoran el estado de ánimo general. Por ejemplo, considerar la habituación a ciertos climas puede ayudar a diseñar viviendas que se sientan más naturales y cómodas para sus residentes específicos. Además, al tener en cuenta factores como la calidad del aire, la iluminación, y la estética del espacio, se puede mejorar la percepción de confort térmico, incluso si las temperaturas están en el límite de lo que se consideraría ideal.

Finalmente, abordar la satisfacción térmica desde múltiples ángulos fomenta un diseño residencial que es más inclusivo y adaptativo, capaz de ajustarse a las variadas necesidades y expectativas de los ocupantes, promoviendo así un ambiente de vivienda más saludable y acogedor. Este enfoque no solo eleva la calidad de vida de los individuos, sino que también contribuye a la sostenibilidad de las comunidades urbanas al reducir la dependencia de soluciones de climatización artificial, lo cual es esencial en el contexto de desafíos climáticos y energéticos globales.

Relación entre sensación y satisfacción térmica

La existencia de una relación estadísticamente significativa entre la sensación térmica y la satisfacción térmica resalta la interconexión entre la percepción física del entorno y la respuesta emocional o de satisfacción de los ocupantes. Esto concuerda con la noción de que el confort térmico es multifacético, abarcando aspectos físicos, psicológicos y contextuales. Este hallazgo subraya la complejidad inherente en la evaluación y el logro del confort térmico en ambientes habitados, sugiriendo que la simple consecución de parámetros físicos ideales, como la temperatura y la humedad, no es suficiente para garantizar una sensación de bienestar total.

La percepción física del ambiente, que incluye la temperatura, la humedad, la velocidad del aire y otros factores medibles, es sin duda fundamental para la experiencia de confort. Sin embargo, la satisfacción térmica, que refleja la respuesta emocional y subjetiva de los individuos, puede ser influenciada por una gama más amplia de factores. Estos pueden incluir aspectos

psicológicos, como las expectativas personales, experiencias pasadas, o incluso el estado de ánimo actual. Por ejemplo, un individuo que ha experimentado previamente condiciones extremas de calor puede sentirse más satisfecho con una temperatura que otro individuo pueda considerar simplemente tolerable.

Además, el contexto social y cultural también juega un papel crucial en la manera en que se experimenta y se satisface el confort térmico. Las normas culturales y las prácticas de vida cotidianas pueden influir significativamente en lo que se percibe como un entorno confortable. Por ejemplo, en algunas culturas, la convivencia en espacios más cálidos y menos aislados es la norma y, por lo tanto, puede influir en una mayor tolerancia a temperaturas más altas.

Otro factor importante en la relación entre la sensación y la satisfacción térmica es el grado de control que los individuos tienen sobre su entorno. La capacidad de ajustar personalmente la temperatura o la ventilación puede aumentar significativamente la satisfacción, incluso si las condiciones no son óptimas desde un punto de vista objetivo. Este sentido de

control y autonomía es un aspecto psicológico crucial que a menudo se pasa por alto en los diseños de viviendas y oficinas.

En ese sentido, la relación entre la sensación y la satisfacción térmica demuestra la importancia de adoptar un enfoque holístico en el diseño de espacios habitables. Los arquitectos, diseñadores y planificadores deben considerar no solo las necesidades físicas, sino también las expectativas emocionales y psicológicas, así como los aspectos culturales y sociales de los ocupantes. Al hacerlo, pueden crear espacios que no solo sean físicamente confortables, sino también emocionalmente satisfactorios, promoviendo así un bienestar integral en los ambientes habitados.

En cuanto a la evaluación de diversas viviendas durante diferentes periodos del año, teniendo en cuenta factores como la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento. A continuación, se detalla un análisis de los hallazgos clave del estudio:

Variación de temperatura y humedad

Se registraron datos de temperatura y humedad relativa en distintas horas del día y durante varios meses. Los resultados muestran variaciones significativas en estas mediciones, lo que indica la influencia de factores ambientales y de diseño en el confort térmico interior de las viviendas. Estas fluctuaciones son particularmente notables en la transición entre estaciones, donde las temperaturas diurnas y nocturnas pueden diferir drásticamente, afectando la sensación térmica dentro de los hogares.

Además, se observó que la orientación de las viviendas y la presencia o ausencia de elementos de sombreado como aleros, persianas o vegetación, tienen un impacto significativo en las temperaturas interiores. Las viviendas orientadas hacia el sur en el hemisferio norte, o hacia el norte en el hemisferio sur, con adecuados elementos de sombreado, mostraron temperaturas más estables y confortables en comparación con aquellas con una orientación menos favorable y sin protecciones solares adecuadas.

La humedad relativa, por su parte, también mostró variaciones que afectan el confort. En algunas viviendas, especialmente

aquellas con pobre ventilación, se observaron niveles de humedad más altos, lo que puede conducir a una sensación de bochorno y a problemas de salud como el crecimiento de moho. Por el contrario, en viviendas con buena ventilación cruzada y materiales que regulan la humedad, como ciertos tipos de madera o acabados de cal, se mantuvieron niveles de humedad más equilibrados, contribuyendo a un ambiente más confortable y saludable.

Este estudio subraya la importancia de considerar tanto las condiciones climáticas locales como los principios de diseño bioclimático al planificar y construir viviendas. Una correcta orientación, una adecuada elección de materiales, y la implementación de estrategias de sombreado y ventilación natural son clave para optimizar el confort térmico y minimizar la dependencia de sistemas mecánicos de calefacción y refrigeración, reduciendo así el consumo energético y el impacto ambiental de las viviendas.

Influencia de la materialidad y diseño arquitectónico

El estudio destaca la importancia de la selección de materiales y el diseño arquitectónico en la regulación térmica. Por ejemplo, se enfatiza el uso de caña guadúa angustifolia como un material eficaz para el control térmico en el contexto de la arquitectura vernácula y bioclimática. Esta preferencia se basa en la capacidad natural de la caña guadúa para proporcionar aislamiento térmico, gracias a su estructura hueca y ligera, lo que la hace ideal para climas con variaciones térmicas significativas. Además, su rápida renovabilidad y bajo impacto ambiental en su proceso de producción y disposición final la convierten en una opción sostenible y ecológica.

La investigación profundiza en cómo la integración de este material en el diseño arquitectónico no solo mejora el confort térmico, sino que también se adapta estéticamente al entorno, manteniendo una conexión visual y material con el paisaje natural. En el diseño de las viviendas, se observó que la combinación de caña guadúa con otros materiales naturales como la

piedra, el bambú y las cubiertas de paja, contribuye a la creación de espacios que no solo son térmicamente eficientes, sino también armónicos con el entorno.

Además, el estudio analiza cómo la disposición de los espacios y la orientación de las construcciones influyen en el confort térmico. Se encontró que las viviendas diseñadas con amplias aberturas orientadas para capturar brisas dominantes y con techos de alta pendiente para facilitar la ventilación natural, presentan mejores condiciones de confort térmico. Estas características, junto con la utilización de la caña guadúa y otros materiales naturales, promueven la creación de microclimas interiores que reducen la necesidad de climatización artificial.

Asimismo, el estudio resalta la importancia de la arquitectura bioclimática en el diseño de espacios habitables. Se enfatiza que un enfoque que tenga en cuenta el clima, la topografía y la orientación del sitio, junto con la selección cuidadosa de materiales, puede resultar en edificaciones que no solo son energéticamente eficientes, sino que también mejoran la calidad de vida de sus ocupantes. En este sentido, la caña

guadúa se presenta como un ejemplo de cómo los materiales tradicionales pueden ser revalorizados y utilizados de manera innovadora para enfrentar los desafíos contemporáneos de la sostenibilidad en la arquitectura.

Análisis de caudales de aire

Se examinaron los caudales de aire entrante y saliente en distintas áreas de las viviendas. Se encontró un equilibrio en los caudales, aunque en algunos casos la calidad del aire fue baja. Este aspecto subraya la necesidad de una adecuada ventilación natural para mejorar la calidad del aire interior. El estudio detalla que en viviendas con diseño inadecuado o con espacios cerrados y poco ventilados, se acumulan contaminantes y humedad, lo que puede provocar problemas de salud en los habitantes. Esto es particularmente relevante en áreas donde se realizan actividades como cocinar o en baños, donde la generación de vapores y olores es mayor.

Además, el análisis reveló que la eficiencia en la ventilación no solo depende de la cantidad de aberturas, sino también de su ubicación y dimensiones. Las viviendas

que incorporaron estrategias de ventilación cruzada, con aberturas opuestas y alineadas, mostraron una mejora significativa en la calidad del aire. Estas estrategias permiten que el aire fresco entre por una parte de la vivienda y el aire viciado salga por otra, creando un flujo de aire constante que renueva el ambiente interior.

Se observó también que la incorporación de elementos como aleros o persianas puede regular el flujo de aire y evitar la entrada directa de la luz solar, manteniendo así un ambiente interior más fresco y ventilado. La utilización de vegetación en patios y alrededor de la vivienda también se mostró efectiva para mejorar la calidad del aire, ya que las plantas ayudan a filtrar contaminantes y aportan frescura al entorno.

Se enfatiza la importancia de considerar la ventilación natural desde la fase de diseño arquitectónico. Se recomienda un enfoque integral que combine la orientación adecuada de la vivienda, el uso de materiales que permitan la transpirabilidad de las paredes, y la planificación de espacios que faciliten la circulación del aire. Estas prácticas no solo

mejoran la calidad del aire, sino que también contribuyen a la eficiencia energética, reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos de climatización.

Variaciones de la velocidad del viento

Los contornos de velocidad del viento indicaron que la mayoría de las zonas presentaron rangos aceptables, lo que sugiere que el diseño de las viviendas permite una adecuada circulación del aire. Este hallazgo es relevante, ya que una correcta circulación del aire contribuye significativamente al confort térmico y a la calidad del aire interior. Además, se observó que las zonas con mejor circulación de aire coincidían con aquellas donde se habían implementado estrategias de diseño bioclimático, como la orientación estratégica de la vivienda, la disposición de aberturas y ventanas, y el uso de elementos de diseño que canalizan el flujo del viento de manera eficiente.

El estudio también reveló que las variaciones en la velocidad del viento tienen un impacto directo en la sensación de frescura dentro de las viviendas,

especialmente en climas cálidos y húmedos. En zonas donde el viento es más suave, se sugiere la utilización de técnicas de diseño pasivo, como patios internos o jardines que actúan como pulmones verdes, para facilitar la ventilación y el enfriamiento natural. Por otro lado, en áreas con vientos más fuertes, se destacó la importancia de contar con barreras naturales o arquitectónicas que protejan las viviendas de corrientes de aire demasiado intensas, que podrían resultar incómodas o incluso perjudiciales para la estructura de las viviendas.

Asimismo, el análisis de la velocidad del viento subraya la relevancia de la topografía y la vegetación circundante en el diseño de viviendas. La presencia de árboles y arbustos no solo proporciona sombra y reduce la ganancia térmica directa del sol, sino que también modula la velocidad del viento, creando microclimas más agradables alrededor de las edificaciones. En este contexto, se enfatiza la necesidad de realizar un estudio detallado del entorno natural antes de proceder con el diseño arquitectónico, para así aprovechar al máximo los beneficios que la naturaleza ofrece.

Se concluye en este sentido, que una comprensión profunda de las variaciones locales de la velocidad del viento es esencial para el diseño de viviendas más confortables y eficientes desde el punto de vista energético. La integración de estrategias de diseño que consideren estas variaciones puede mejorar significativamente la habitabilidad de las viviendas, optimizando el uso de recursos naturales y reduciendo la dependencia de sistemas de climatización artificial.

Beneficios como aporte al confort

La relación estadísticamente significativa entre la sensación térmica y la satisfacción térmica ilustra cómo la percepción física del ambiente y la respuesta emocional de los ocupantes están interconectadas, destacando la multifacética naturaleza del confort térmico que abarca aspectos físicos, psicológicos y contextuales. Este hallazgo subraya la importancia de un enfoque holístico en el diseño de espacios habitables, donde no solo se deben alcanzar parámetros físicos ideales como la temperatura y la humedad adecuadas, sino también considerar las dimensiones

psicológicas y sociales que influyen en la experiencia de confort.

El beneficio de comprender esta relación compleja es que permite a los arquitectos y diseñadores crear ambientes que no solo satisfagan las necesidades fisiológicas básicas de confort térmico, sino que también fomenten una mayor satisfacción emocional y psicológica entre los ocupantes. Esto se logra al integrar en el diseño características que permitan un mayor control personal del ambiente, como sistemas de ajuste de temperatura individualizados y una mejor ventilación natural, que no solo mejoran la calidad del aire, sino que también aumentan la percepción de autonomía y bienestar.

Además, al reconocer que la cultura y el contexto social influyen significativamente en lo que se percibe como un ambiente confortable, los diseñadores pueden adaptar sus proyectos para reflejar las expectativas y normas de diferentes grupos, aumentando así la satisfacción general con el ambiente construido. En resumen, la relación entre sensación y satisfacción térmica resalta la

necesidad de estrategias de diseño que sean inclusivas y adaptativas, optimizando no solo las condiciones físicas sino también respondiendo a las complejas dinámicas humanas y culturales que definen el confort en ambientes habitados.

Evaluación PMV (Predicted Mean Vote)

Los datos sobre el PMV, mostraron rangos de confort que varían de ligeramente fresco a ligeramente cálido. Este aspecto refleja las percepciones subjetivas de confort térmico de los ocupantes. La evaluación del PMV es crucial, ya que considera múltiples factores ambientales y personales, como la temperatura del aire, la velocidad del viento, la humedad relativa, la radiación térmica, la actividad y la ropa de los ocupantes. Al analizar estos datos, se pudo apreciar que las diferentes configuraciones de diseño y materialidad de las viviendas influían notablemente en la percepción de confort.

Además, se observó que la variabilidad en las preferencias individuales juega un papel importante en la percepción del confort. Mientras que algunos ocupantes encontraron las condiciones más frescas ideales, otros prefirieron entornos

ligeramente más cálidos. Este rango de preferencias subraya la importancia de diseñar espacios flexibles y adaptables, capaces de satisfacer las necesidades de diferentes usuarios. En este sentido, estrategias como sistemas de ventilación ajustables, sombreado variable y el uso de materiales con capacidad de almacenamiento térmico pueden contribuir a un ambiente interior que se ajuste a las preferencias personales.

La evaluación del PMV también destacó la importancia de la adaptabilidad y la educación de los ocupantes en la gestión de su entorno. El conocimiento sobre cómo ajustar ventanas, cortinas y otros elementos del hogar para optimizar el confort térmico es fundamental para lograr una sensación de bienestar. Además, esto puede conducir a una reducción en el uso de sistemas de climatización mecánica, con el consiguiente ahorro en el consumo energético y una menor huella de carbono.

El estudio concluye que una comprensión detallada del PMV y de cómo se ve afectado por diferentes elementos de diseño y comportamientos de los ocupantes puede informar decisiones de diseño más

efectivas. Al enfocarse en crear entornos que naturalmente se alineen con las necesidades y preferencias de los ocupantes, los arquitectos y diseñadores pueden contribuir significativamente a la creación de espacios residenciales más confortables, energéticamente eficientes y sostenibles.

Los resultados de este estudio reflejan la complejidad del confort higrotérmico en viviendas urbanas contemporáneas y su interrelación con factores sociodemográficos, arquitectónicos y ambientales. Aunque se observa una alineación con las teorías existentes sobre confort térmico y arquitectura adaptada al clima, también se destaca la necesidad de un enfoque más holístico que integre aspectos de diseño bioclimático y preferencias individuales para mejorar la satisfacción térmica de los ocupantes. El uso de materiales vernáculos, como la caña guadúa, en combinación con diseños que optimicen la ventilación natural y la iluminación, puede ofrecer soluciones sostenibles y culturalmente apropiadas para mejorar el confort higrotérmico en estas viviendas.

Este enfoque holístico debe considerar también la importancia del

entorno urbano y cómo interactúa con las viviendas individuales. Por ejemplo, la densidad urbana, la orientación de las calles y los edificios, y la presencia de vegetación pueden afectar significativamente el microclima alrededor de las viviendas, influyendo así en el confort higrotérmico interior. La planificación urbana y el diseño arquitectónico deben, por lo tanto, trabajar en conjunto para crear entornos habitacionales que sean tanto cómodos como energéticamente eficientes.

Además, la integración de tecnologías modernas de construcción y sistemas de control de edificios inteligentes puede jugar un papel crucial en la mejora del confort higrotérmico. Estos sistemas pueden permitir una regulación más precisa de la temperatura y la calidad del aire, adaptándose a las necesidades y preferencias individuales de los ocupantes, mientras se minimiza el consumo de energía.

Es fundamental también considerar la dimensión social y cultural del confort higrotérmico. Las preferencias y expectativas de confort térmico pueden variar ampliamente entre diferentes grupos culturales y demográficos. Por lo tanto, un

diseño efectivo debe ser flexible y adaptable a las necesidades diversas de los ocupantes. Esto podría implicar la inclusión de espacios que permitan diferentes configuraciones y usos, adaptándose a los distintos modos de vida y patrones de ocupación.

En definitiva, el estudio destaca la necesidad de un enfoque integrado y multifacético para el diseño y la construcción de viviendas urbanas contemporáneas. La combinación de técnicas de construcción tradicionales y vernáculas con tecnologías modernas, junto con una comprensión profunda de las necesidades y deseos de los ocupantes, puede llevar a la creación de viviendas que no solo sean confortables y eficientes desde el punto de vista energético, sino también saludables, sostenibles y agradables para vivir. Estos esfuerzos contribuyen no solo al bienestar individual de los ocupantes, sino también a la sostenibilidad y la resiliencia de las comunidades urbanas en su conjunto.

Beneficios como aporte al confort

La evaluación del Predicted Mean Vote (PMV) proporciona una medida significativa del confort térmico que

considera tanto variables ambientales como personales, como la temperatura del aire, la humedad relativa, y la radiación térmica, así como aspectos individuales como la actividad y la indumentaria de los ocupantes. Este enfoque holístico es fundamental porque permite una representación más precisa y personalizada del confort térmico, reflejando las necesidades y preferencias individuales dentro de un rango que va desde ligeramente fresco a ligeramente cálido. Al capturar esta variabilidad, el PMV ofrece a arquitectos y diseñadores la capacidad de crear ambientes que no solo cumplen con los estándares físicos de confort, sino que también se adaptan a las percepciones y expectativas individuales.

El beneficio de utilizar el PMV en el diseño y evaluación de viviendas es doble. Primero, promueve la implementación de diseños adaptativos y flexibles que pueden ajustarse a un amplio espectro de preferencias térmicas. Esto se puede lograr mediante el uso de sistemas de ventilación ajustable, materiales con propiedades térmicas dinámicas y soluciones de sombreado que se pueden modificar según

las necesidades del momento. Segundo, al equipar a los ocupantes con el conocimiento y los medios para ajustar activamente su ambiente (por ejemplo, manipulando ventanas y cortinas), se fomenta un mayor sentido de control y satisfacción personal, lo que puede reducir la dependencia de sistemas de climatización mecánica y, por ende, disminuir el consumo energético y las emisiones de carbono.

Por lo tanto, el PMV no solo sirve como una herramienta de evaluación técnica, sino que también actúa como un facilitador para diseños de viviendas más sostenibles y centrados en el usuario. Esto no solo mejora la comodidad y la satisfacción de los ocupantes, sino que también apoya la creación de espacios residenciales que son eficientes en términos energéticos y responsables desde el punto de vista ambiental. En resumen, la utilización del PMV en el diseño arquitectónico contemporáneo es un paso esencial hacia la optimización del confort térmico y la habitabilidad en armonía con las prácticas sostenibles y las preferencias individuales

CONSIDERACIONES FINALES Y APORTES

Lograr la función del espacio no solo es determinar dimensionamientos acordes a las actividades que se desarrollan en ciertas áreas, ni es llegar solamente a la articulación espacial de la circulación versus su función; es también lograr que la estancia dentro de ese espacio brinde la higrotermia adecuada para complementar así de manera pertinente una verdadera función del espacio. Por ello el presente trabajo de investigación brinda especial atención a la envolvente que la vivienda urbana contemporánea de Manabí debe tener en cuanto a materialidad y disposición arquitectónica en sus elevaciones y cubiertas, destacando el empleo de las bondades de la caña guadúa angustifolia como regulador térmico dentro de una acertada arquitectura bioclimática y como máximo exponente de la arquitectura vernácula.

En tal virtud, la aplicabilidad de la Norma de Construcción GaK respecto al uso de la caña guadúa debe no solo establecer las normativas de calidad de la caña y su utilización sino también determinar las técnicas constructivas referidas a la altura de

cubiertas y estructuración de las paredes divisoras del interior de la vivienda para que permitan propiciar una higrotermia adecuada manejando llenos y vacíos intercalados o sobrepuestos con las diversas formas que la caña puede ofrecer en su empleo.

Los aportes de la investigación han sido sustentados en tres áreas fundamentales:

Aporte teórico: Técnicamente se demostró que el uso de la caña guadúa como material principal para la envolvente de la vivienda urbana contemporánea en Manabí brinda todas las virtudes de una vivienda digna, sostenible, y confortable con un nivel óptimo de confort higrotérmico, incentivando su uso como material alternativo de durabilidad, calidad, bajo costo y accesible lo que propicia el uso de la arquitectura vernácula como paradigma constructivo.

El uso de la caña guadúa como material principal en la construcción de viviendas en Manabí ha demostrado tener un impacto positivo significativo en términos

de confort higrotérmico, sostenibilidad y accesibilidad, ofreciendo múltiples beneficios tanto prácticos como teóricos para la arquitectura urbana contemporánea. La caña guadúa, al ser un material natural, renovable, y de bajo costo, no solo hace las viviendas más accesibles económicamente, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental gracias a su baja huella de carbono en comparación con materiales de construcción tradicionales como el concreto o el acero.

Desde la perspectiva del confort térmico, la caña guadúa proporciona excelentes propiedades de aislamiento natural debido a su estructura hueca y ligera. Esto ayuda a mantener un clima interior estable y confortable, reduciendo la necesidad de calefacción artificial en tiempos fríos y de aire acondicionado en épocas cálidas, lo que a su vez disminuye el consumo energético del hogar. Esta característica es especialmente valiosa en el clima variado de Manabí, donde las condiciones meteorológicas pueden cambiar significativamente.

Además, la flexibilidad y durabilidad de la caña guadúa permiten su uso en una

variedad de estilos arquitectónicos, apoyando la continuidad de técnicas constructivas vernáculas que se adaptan bien al entorno local y cultural. Esto no solo preserva el patrimonio arquitectónico de la región, sino que también promueve la innovación en el diseño de viviendas que son estéticamente agradables y funcionalmente robustas.

El uso de la caña guadúa como un enfoque de construcción vernácula también impulsa la economía local al incentivar el mercado para los productores y artesanos locales, creando empleo y fomentando habilidades tradicionales que de otra manera podrían perderse. Este ciclo de beneficios económicos, ambientales y sociales fortalece la comunidad y promueve un modelo de desarrollo sostenible.

En resumen, la integración de la caña guadúa en la construcción de viviendas no solo aporta beneficios en términos de confort higrotérmico y sostenibilidad económica, sino que también realza el valor cultural de la arquitectura local, ofreciendo un paradigma constructivo que es tanto práctico como inspirador. Esta aproximación no solo mejora la calidad de vida de los

habitantes, sino que también establece un precedente importante para la adopción de prácticas sostenibles en el sector de la construcción a nivel global.

Aporte social: Se estableció por los resultados obtenidos un paradigma constructivo asequible a todas las clases sociales que posibilite elevar la calidad de vida y la satisfacción de la población al proporcionar una vivienda con características acorde a los lineamientos legalmente establecidos dispuesto en la ley suprema (la constitución de la república) relacionado con los derechos de todo ser humano a tener una vivienda digna y confortable que propicie el desarrollo de los individuos y de la familia.

El uso de un paradigma constructivo asequible y accesible a todas las clases sociales, como se ha demostrado en los resultados obtenidos, ofrece beneficios significativos en términos sociales y de bienestar para la población. Este enfoque garantiza que la construcción de viviendas no solo cumpla con los estándares legales de habitabilidad y confort establecidos en la constitución, sino que también sea inclusiva, permitiendo a individuos y familias de

diferentes estratos económicos acceder a viviendas dignas y adecuadas. Al proporcionar viviendas que cumplen con estos criterios, se promueve una mejora integral en la calidad de vida, asegurando que los derechos básicos relacionados con el alojamiento sean una realidad accesible para todos.

Este modelo de vivienda tiene el potencial de fortalecer el tejido social al reducir las disparidades en las condiciones de vida entre diferentes grupos socioeconómicos. Al hacer las viviendas asequibles y confortables, se contribuye al bienestar emocional y psicológico de los ocupantes, proporcionándoles un entorno estable y seguro que es esencial para el desarrollo personal y familiar. Una vivienda adecuada es fundamental para la salud física y mental, ya que impacta en la privacidad, la seguridad, y la capacidad de los individuos para gestionar el estrés y desarrollar relaciones familiares y sociales saludables.

Además, al adoptar un enfoque inclusivo en la construcción de viviendas, se fomenta la integración social y se minimizan las divisiones clasistas que a menudo son exacerbadas por las desigualdades

habitacionales. Esto puede llevar a una sociedad más cohesiva donde el acceso a una vivienda adecuada no sea un factor de diferenciación social, sino un derecho equitativamente disfrutado.

En términos de desarrollo social, proporcionar viviendas que todos puedan costear y que al mismo tiempo sean confortables y dignas, facilita la creación de comunidades estables y resilientes. Estas comunidades son más capaces de colaborar en la mejora de su entorno y en la promoción del bien común. El acceso universal a viviendas adecuadas también puede reducir la carga sobre los servicios sociales y de salud pública, ya que mejora las condiciones de vida y reduce los problemas asociados a viviendas inadecuadas como enfermedades relacionadas con la humedad, problemas respiratorios, y estrés crónico.

Finalmente, establecer un paradigma constructivo que sea asequible y conforme a los estándares constitucionales no solo cumple con un mandato legal, sino que también refuerza el compromiso del estado y de los desarrolladores con la justicia social y la equidad. Al hacerlo, se contribuye a la construcción de una base sólida para el

desarrollo continuo y sostenible de la sociedad, donde cada individuo tiene la oportunidad de vivir en un entorno que apoya y facilita su crecimiento personal y colectivo.

Aporte medio ambiental: Permite utilizar los recursos naturales en beneficio del hombre, siendo una solución viable en el cuidado del medio ambiente y reducción de consumo de energía, considerando que la caña guadúa es un material biodegradable y que por el contrario aporta con la reducción del aporte de los gases de efecto invernadero.

El uso de la caña guadúa como material principal en la construcción de viviendas ofrece beneficios ambientales significativos, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y conservación ecológica. Este material, por ser biodegradable y proveniente de fuentes renovables, representa una opción ecológicamente responsable que contribuye a la reducción de los impactos negativos en el medio ambiente asociados a la construcción tradicional.

Uno de los principales aportes medioambientales de la caña guadúa es su capacidad para absorber dióxido de carbono a un ritmo elevado durante su crecimiento, lo que ayuda a mitigar la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Este proceso de captura de carbono no solo reduce la huella de carbono de los materiales de construcción, sino que también convierte a las viviendas construidas con caña guadúa en sumideros de carbono, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático.

Además, la naturaleza biodegradable de la caña guadúa asegura que, al final de su vida útil, los materiales pueden descomponerse sin dejar residuos nocivos, lo que reduce la cantidad de desechos en los vertederos y fomenta un ciclo de vida de material más sostenible. Esto es particularmente importante en el contexto de la creciente preocupación global por la gestión de residuos y la necesidad de promover prácticas de construcción que no contribuyan a la acumulación de desechos permanentes en el medio ambiente.

Otro beneficio ambiental clave es la reducción en el consumo de energía que se logra mediante el uso de la caña guadúa. Las

propiedades aislantes naturales de este material ayudan a mantener una temperatura interior más estable en las viviendas, disminuyendo la necesidad de calefacción y refrigeración artificial, lo cual lleva a un menor consumo de energía y a una reducción en la emisión de contaminantes asociados con la generación de energía.

Por último, fomentar el uso de materiales locales como la caña guadúa también apoya la economía local y reduce el impacto ambiental asociado al transporte de materiales de construcción. Al utilizar recursos que están geográficamente cercanos, se minimizan las distancias de transporte, lo que a su vez reduce las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del transporte de materiales de construcción de larga distancia.

En resumen, el uso de la caña guadúa en la construcción de viviendas no solo proporciona un hogar confortable y asequible, sino que también ofrece una solución práctica y viable para el cuidado del medio ambiente. Esto subraya la importancia de adoptar prácticas de construcción que no solo sean económicamente viables y socialmente

justas, sino también ambientalmente sostenibles, contribuyendo así a la creación de un futuro más verde y habitable para todos.

La investigación fue factible pues se contó con toda la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas para su realización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alías, H. M., y Jacob, G. J. (2011). Eficiencia energética en viviendas sociales. Incidencia de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el bienestar higrotérmico en los espacios interiores. *Arquisur Revista*, 1(1), 76-89. <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/publicaciones/index.php/ARQUISUR/article/view/925>
- Al-Saadi, S. N., & Al-Jabri, K. S. (2020). Optimization of envelope design for housing in hot climates using a genetic algorithm (GA) computational approach. *Journal of Building Engineering*, 32, 101712.
- Amaripadath, D., Rahif, R., Velickovic, M., & Attia, S. (2023). A systematic review on role of humidity as an indoor thermal comfort parameter in humid climates. *Journal of Building Engineering*, 106039. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.106039>
- American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). (2020). Thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE Standard 55-2020
- Anis, M. (2019). Designing an adaptive building envelope for warm-humid climate with bamboo veneer as a hygroscopically active material.
- Añazco, M. (2014). Estudio de Vulnerabilidad del Bambú al Cambio Climático en la Costa del Ecuador y Norte Perú. *Lima: Universidad de San Martín de Porres*. <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Impacto/7.pdf>
- Añazco, R. C., y Pérez, F. J. (2016). Medición de la pobreza multidimensional en Ecuador. *Revista de Estadística y Metodología*, 27-51. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Sitios/Pobreza_Multidimensional/assets/ipm-metodologia-oficial.pdf
- Añazco, M. y Rojas, S. (2015). Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (*Guadúa angustifolia*) en Perú.

<https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-estudio-de-la-cadena-desde-la-produccioc81n-al-consumo-del-bambucc81-en-perucc81.pdf>

Arquitectura Viva. (2018). 88 viviendas sociales en Carabanchel, Madrid - FOA. Arquitectura Viva. <https://arquitecturaviva.com/obras/viviendas-sociales-en-carabanchel-1>

Arteal instante (9 de abril de 2019). El Cubo de Bambú, una maravilla escondida en Carabanchel. <https://artearinstante.wordpress.com/2019/04/09/el-cubo-de-bambu-una-maravilla-escondida-en-carabanchel/>

Bambusa (s.f.). Características del bambú. <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/#:~:text=Est%C3%A1n%20presentes%20de%20manera%20natural,una%20ampli a%20zona%20de%20Asia.>

Barreiro, B. L. (2015). La Catedral de Canterbury y su entorno urbano. *AXA. Una revista de Arte y Arquitectura*, 7, 15. <https://revistas.uax.es/index.php/axa/article/view/1133/927>

Benavides Orellana, E. S. (2018). Aspectos relevantes para la identificación de la calidad en una caña guadúa. <https://hdl.handle.net/11059/9875>

Bernabeu Larena, A. (2007). *Estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea: El trabajo de Cecil Balmond* (Doctoral dissertation, Arquitectura). <https://oa.upm.es/910/>

Betancourt-Velasco, M., & García-Alvarado, R. (2012). Design guidelines for residential envelope openings in the equatorial tropics: Studies in suburban housing in the Cauca valley of Colombia. In *Proceedings of the 28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture (PLEA 2012), Lima, Peru* (pp. 7-9).

Bonilla Sánchez, D. J., y Merino Cabezas, J. G. (2017). Estudio de las propiedades físicas de la caña guadúa y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe. 189 hojas. Quito: EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17267>

- Britannica. (6 de mayo de 2023). Historia y Sociedad. Palacio de Cristal edificio, Londres, Reino Unido. <https://www.britannica.com/topic/Crystal-Palace-building-London>
- Cable, N. (2020). Validating overcrowding measures using the UK Household Longitudinal Study (vol 8, 100439, 2019). *SSM-POPULATION HEALTH*, 12. 10.1016/j.ssmph.2019.100439
- Calderón Uribe, F. (2019). Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en Bosa, Bogotá. *Revista hábitat sustentable*, 9(2), 30-41. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-07002019000200030&script=sci_arttext&lng=en
- Calle, J. C. V., Calle, D. A. A., & Farfán, J. P. (2021, November). Habitability and Hygrothermal Comfort Analysis of Social Housing in Ecuador, Temperate Continental Climatic Zone. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1203, No. 3, p. 032121). IOP Publishing.
- Camacho-Guzmán, G. A. (2018). El papel de la envolvente en el desarrollo urbano. Las cajas en el Lago. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/a21900c0-17e9-4c94-9381-c4ba3d3eefaf/content>
- Camino Solórzano; A. M., (2011) “La caña guadúa en la provincia de Manabí y el litoral de Ecuador”. En: *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. P. 205-212. http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2011/2011_9788469481073_p205-212_camino.pdf
- Campos, CCA, & Mendoza, A. J. O. (2018). Tendencias del cambio climático en la Demarcación Hidrográfica de Manabí. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 3 (1), 1-6. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1414>

Castillo Quimis, E. L., Mite Pezo, J. A., y Pérez Arévalo, J. J., (2019). Influencia de los materiales de la envolvente en el confort térmico de las viviendas. Programa Mucho Lote II, Guayaquil. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(4), 303-309. Epub 02 de septiembre de 2019. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400303&lng=es&tlng=es

Castillo Quimis, Erika Lisbeth, Mite Pezo, Jenny América, & Pérez Arévalo, Juan José. (2019). Influencia de los materiales de la envolvente en el confort térmico de las viviendas. Programa Mucho Lote II, Guayaquil. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(4), 303-309. Epub 02 de septiembre de 2019. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400303&lng=es&tlng=es.

Castillo, E. (28 de noviembre de 2022). El Coliseo de Roma, gladiadores y luchas de fieras. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/coliseo-roma-gladiadores-y-luchas-fieras_7275

CEPAL y PNUD (1989). Ecuador. Mapa de Necesidades Básicas Insatisfechas, Naciones Unidas, CEPAL (División de Estadística y Proyecciones), PNUD-RLA/86/004. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/34763/S8800550_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cerón, A. (s. f.). La arquitectura desde el punto de vista de la ciencia. México Ciencia y Tecnología. <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/arte/5690-la-arquitectura-desde-el-punto-de-vista-de-la-ciencia>

Cobos Fischer, J. A., & León Rodríguez, X. A. (2007). Propiedades físicas-mecánicas de la guadúa angustifolia Kunth y aplicación al diseño de baterías sanitarias del IASA II.

Colin, D. (s.f.). ¿El high-tech ... No es más que un estilo? Los Cuadernos del Norte Revista cultural de la Caja de Ahorros de Asturias. https://cvc.cervantes.es/literatura/cuadernos_del_norte/pdf/42/42_59.pdf

- Corporación Amingay (2001). Sembrando esperanzas: una experiencia alternativa de manejo de caña guadúa. In *Sembrando esperanzas: una experiencia alternativa de manejo de caña guadúa* (pp. 72-72). <https://www.ppd-ecuador.org/wp-content/uploads/2017/11/Sembrando-esperanzas-ca%C3%B1a-guad%C3%BA.pdf>
- Chaves Palacios, J. (2004). Desarrollo tecnológico en la primera revolución industrial. <https://dehesa.unex.es/handle/10662/10305>
- Cravino, A. (2011). Renacimiento, Manierismo, Barroco. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (37), 85-105. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-35232011000300006&lng=es&tlng=es.
- Dabija, A. M. (2020). From Theory to Practice and All the Way Back. Designing with The Sun. In *Solar Energy Conversion in Communities: Proceedings of the Conference for Sustainable Energy (CSE) 2020* (pp. 501-511). Springer International Publishing.
- Delgado, G. (2017). Ecología y ambiente. Diseño y sustentabilidad en construcciones con caña guadúa. *Diseño arte y arquitectura*, 1(2), 75–93. <https://doi.org/10.33324/daya.v1i2.32>
- Delgado, E. S. (2006). La importancia de la guadúa en la obra de Simón Vélez. *Boletín de información técnica [de] AITIM*, (241), 14-19. https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1821_23484.pdf
- Donoso Llanos, Martha Lil. (2019). Arquitectura, función simbólica y lenguaje. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(4), 409-413. Epub 02 de septiembre de 2019. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400409&lng=es&tlng=es
- ecohabitar (abril de 2020). Bali se suma a la arquitectura sostenible con una “catedral de bambú”. <https://ecohabitar.org/bali-se-suma-a-la-arquitectura-sostenible-con-una-catedral-de-bambu/>

- Engel y Völkers. (s. f.). La filosofía detrás de la icónica arquitectura de Frank Lloyd Wright. <https://www.engelvoelkers.com/es/blog/vida-de-lujo/arquitectura/la-filosof%C3%ADa-detras-de-la-ic%C3%B3nica-arquitectura-de-frank-lloyd-wright/>
- Environment, M. o. (2020). 2019 -2029 UGANDA NATIONAL BAMBOO STRATEGY AND ACTION PLAN., (pág. 10). Kampala, Uganda.
- Escala, N. (2015). *Estudio de factibilidad para la exportación de la caña de bambú en el cantón Simón Bolívar* (Doctoral dissertation). Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador).
- Espinosa Cancino, C. F., & Cortés Fuentes, A. (2015). Confort higo-térmico en vivienda social y la percepción del habitante. *Revista INVI*, 30(85), 227-242. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582015000300008>
- Felices Puértolas, R. (2017). *Influencia de las estrategias pasivas de la envolvente en el confort térmico de un edificio bioclimático* (Doctoral dissertation, Edificación). https://oa.upm.es/48351/1/RUBEN_FELICES_PUERTOLAS.pdf
- Feres, J. C., & Mancero, X. (2001). *El método de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina*. Cepal. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/4784>
- Ferrer, G. E. B. (2003). Importancia de incorporar conceptos ambientales en el diseño y construcción de obras civiles. *Ingeniería*, 7(1), 49-52. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770105>
- Fidel, C., & Romero, G. (2017). *Producción de vivienda y desarrollo urbano sustentable*. CLACSO. https://www.researchgate.net/profile/Beatriz-Mingueer-Cestelos/publication/338641087_COMO_SE_VIVE_LA_SUSTENTABILIDAD_EN_MATERIA_DE_VIVIENDA_EL_CASO_DE_LAS_CIUDADES_RURALES_SUSTENTABLES_EN_CHIAPAS/links/612acd2e38818c2eaf68b5e9/COMO-SE-VIVE-LA-SUSTENTABILIDAD-EN-MATERIA-DE-VIVIENDA-EL-CASO-DE-LAS-CIUDADES-RURALES-SUSTENTABLES-EN-CHIAPAS.pdf

- Flores Fiallos, A. L. (2019). *Análisis de los efectos socioeconómicos en el sector de la construcción de viviendas en el sector norte de Quito desde el año 2009 hasta el año 2014* (Master's thesis, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador). <http://hdl.handle.net/10644/7040>
- Fürtön, B., & Nagy, B. (2022). BIM based hygrothermal modelling of building constructions. <http://hdl.handle.net/10467/108344>
- GADM Portoviejo, PORTOAGUAS, (2019). "Estudios integrales de factibilidad y diseño definitivo de los sistemas de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial de las parroquias urbanas y parroquias rurales del cantón Portoviejo, provincia de Manabí. <https://www.portoviejo.gob.ec/md-transparencia/2022/EIA%20consolidadoFINAL.pdf>
- Galindo-Díaz, J., Osuna-Motta, I., & Marulanda-Montes, A. (2020). De componer la fachada a diseñar la envolvente. El ejemplo del arquitecto Juvenal Moya en Cali. *Revista de Arquitectura* (Bogotá), 22(1), 94-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7549569>
- Gantley, M. J., (27 de febrero de 2023). Stonehenge, los enigmas del círculo de piedra. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/stonehenge-enigmas-circulo-piedra_8857
- Ganesh, G. A., Sinha, S. L., Verma, T. N., & Dewangan, S. K. (2021). Investigation of indoor environment quality and factors affecting human comfort: A critical review. *Building and Environment*, 204, 108146.
- García, A. G. (2005). Vivienda, familia, identidad. La casa como prolongación de las relaciones humanas. *Trayectorias*, 7(17), 43-56. <https://www.redalyc.org/pdf/607/60722197006.pdf>
- García, J. R. (2018). Evolución tipológica de cubiertas ventiladas 'a la catalana' en la obra de Antonio Bonet. *Informes de la Construcción*, 70(549), e245-e245.

https://www.researchgate.net/publication/324264062_Evolucion_tipologica_de_cubiertas_ventiladas_a_la_catalana_en_la_obra_de_Antonio_Bonet

García, P. (2015, 5 marzo). Introducción al bioclimatismo y su función en las viviendas. [construction21.org](https://www.construction21.org/espana/articulos/h/introduccion-al-bioclimatismo-y-su-funcion-en-las-viviendas.html). <https://www.construction21.org/espana/articulos/h/introduccion-al-bioclimatismo-y-su-funcion-en-las-viviendas.html>

Garretón, M. V. F. (2022). A cien años de la Bauhaus: conexiones, ideales y materialización de un proyecto utópico. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (103), 329-338. Epub 22 de febrero de 2022. <https://dx.doi.org/10.18682/cdc.vi103.4163>

Gazmuri Núñez, P. M. (2013). Familia y habitabilidad en la vivienda: Aproximaciones metodológicas para su estudio desde una perspectiva sociológica. *Arquitectura y urbanismo*, 34(1), 32-47. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-58982013000100004&script=sci_arttext

Genovez, P., Avila-Calle, M., & Morales, D. (2021, November). Comparison of Hygrothermal Comfort and Life Cycle Between Recycled Plastic Block and Concrete Blocks in a Social Housing in The City of Cuenca. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1203, No. 3, p. 032114). IOP Publishing.

Givoni, B. (1969). *Man, climate and architecture*. Elsevier;()

Gobierno Provincial de Manabí (19 de febrero, 2021). Reforestar para dar vida al campo. <https://www.manabi.gob.ec/sitio2020/15149-reforestar-para-dar-vida-al-campo.html>

Godoy Muñoz, A. de J. (2012). El confort térmico adaptativo. Aplicación en la edificación en España. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/18763>

Gómez, E., & Esther, M. (2001). El Estado de Bienestar. Presupuestos éticos y políticos. *Facultad de Filosofía, Universidad de Barcelona, España*, 451. <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41693/1/TESISGPEDRO.pdf>

- González, M. R. V., & Molina-Prieto, L. F. (2018). Envolvente arquitectónica: un espacio para la sostenibilidad. *Arkitekturax Visión FUA*, 1(1), 49-61. <https://doi.org/10.29097/26191709.201>
- González C., E.; Osorio S., J.A.; García G., E.A. (2002). Resistencia a la Flexión de la Guadúa *Angustifolia Kunt* a Escala Natural. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 55, 1555-1572. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24508>
- Ghavami, K., & Marinho, A. B. (2005). Propiedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadúa angustifolia. *Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 9, 107-114. <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Kbc8SzVVdMYshSJ6fHsvyfk/>
- Hadrovic, A. (2021). Concepts and Materialization of Envelope of Architectural Buildings in the Future. *Journal of Construction Research*, 3(2), 1-18. <https://doi.org/10.30564/jcr.v3i2.4071>
- Hwang, B. G., Ngo, J., & Teo, J. Z. K. (2022). Challenges and strategies for the adoption of smart technologies in the construction industry: The case of Singapore. *Journal of Management in Engineering*, 38(1), 05021014. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000986](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000986)
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Selección de la muestra. *Metodología de la Investigación*, 6(1), 170-191.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hidalgo, L.O. 1978. Nuevas técnicas de construcción con bambú. Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. p:26-137. <https://bambubioartefato.files.wordpress.com/2014/07/1978-nuevas-tecnicas-de-construccion-con-bambu-o-lopez-149pg.pdf>
- INBAR., y Cabeza, O. F. (2021). Análisis de los Marcos Regulatorios y de las Políticas para el Desarrollo del Bambú-Guadúa en Colombia. Inbar.int. <https://www.inbar.int/wp->

<content/uploads/2021/02/Análisis-de-los-Marcos-Regulatorios-y-de-las-Políticas-para-el-Desarrollo-del-Bambu-Guadúa-en-Colombia.pdf>

ISO 7730. (2014). Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

JANSSEN, J.J. A. 1981. The relationship between the mechanical properties and the biological and chemical composition of bamboo. Pp. 27-32 in Higuchi, T. (Ed.) Bamboo Production and Utilization. Proceedings of the Congress Group 5.3A. Production and Utilization of Bamboo and Related Species. XVII IUFRO World Congress. September 6 -17, 1981. Kyoto, Japan

Jiménez-Pacheco, P., Puente Garrido, D. E., Recalde, L., & Meza, J. (2019). Modelo de planificación urbana cognitiva para un prototipo de acceso a la vivienda y urbanismo colaborativos. In *XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city": UPC, Barcelona, October 2-4, 2019*. Centre de Política de Sol i Valoracions, CPSV/Universitat Politècnica de Catalunya, UPC. <http://hdl.handle.net/2117/185539>

Johnson, M. T., & Munshi-South, J. (2017). Evolution of life in urban environments. *Science*, *358*(6363), eaam8327. <http://dx.doi.org/10.1126/science.aam8327>

Jové, F; Hernán, L; Solano, J; "Prototipo de vivienda construida con BTC y caña guadúa para su aplicación en la región de Manabí, Ecuador" En: Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 329-340. <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2013/32in-jove.pdf>

Jurado, J. F., Sanz, C. G., y Tomico, P. R. (2004). Actas del III Congreso español de antiguo Oriente Próximo. <https://dialnet.unirioja.es/congreso/849>

- Kamruzzaman M, Saha S, Bose A, Islam M. (2008). Effects of age and height on physical and mechanical properties of bamboo. *J Trop For Sci* 008;20:211-7. JSTOR: Access Check. <https://www.jstor.org/stable/23616502>
- Khan, M., Seo, J., & Kim, D. (2020). Towards energy efficient home automation: a deep learning approach. *Sensors*, 20(24), 7187. <https://doi.org/10.3390/s20247187>
- Koch, A. (2022). Contemporary Challenges and Future Strategies to Mitigate Social Inequality in Urban Housing: An Austrian Perspective. DOI: 10.5772/intechopen.107999
- Largacha Giler, S. G., y Peñafiel Torres, K. A. (2019). La caña guadúa como recurso de la envolvente en la vivienda urbana unifamiliar de una planta en la ciudad de Portoviejo para propiciar el confort climático. <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/1357>
- Liu, S., Long, B., Pan, Z., Lun, F., Song, Y., Yuan, W., ... & Ma, S. (2020). Evaluation of climatic comfort of living environment based on age differentials in Beijing-Tianjin-Hebei area. *Ecosystem Health and Sustainability*, 6(1), 1843371.
- Loaiza Cabrera, F. M. (2019). Revaloración y aprovechamiento de la guadúa para la reconstrucción de viviendas en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas–Ecuador. <https://repositorio.utp.edu.co/items/5be67777-9bc7-48b1-91d7-9b3f1cab3231>
- Lotfabadi, P., & Hançer, P. (2019). A comparative study of traditional and contemporary building envelope construction techniques in terms of thermal comfort and energy efficiency in hot and humid climates. *Sustainability*, 11(13), 3582.
- Londoño, X. (2011, 4 julio). El bambú en Colombia | Londoño | Biotecnología Vegetal. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/485>
- López César, I. (2014). La aportación estructural del Crystal Palace de la Exposición Universal de Londres 1851. Una ampliación del enfoque histórico tradicional. The structural contribution of the Crystal Palace to the 1851 Great Exhibition held in London. An

extension of the traditional historical approach. *RITA Revista Indexada de Textos Académicos*, (2), 76-83. <http://www.redfundamentos.com/rita/es/>

López Cañedo, JY, Rincón-Martínez, JC, & Fernández Melchor, F. (2021). Estimación del confort térmico por variable física del ambiente térmico: Un estudio en espacios abiertos en la UABC-Sauzal, México. *REVISTA DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS (RECITO)*, 4 (2), 58–80. <https://doi.org/10.37636/recitar.v425880>

López Díaz, J. (2003). La relevancia de la vivienda social en el origen de la arquitectura contemporánea. *Espacio Tiempo Y Forma. Serie VII, Historia Del Arte*, (16). <https://doi.org/10.5944/etfvii.16.2003.2405>.

López Vallés, Á. (2018). *Estudio y análisis de parámetros bioclimáticos: caso práctico: las fachadas del edificio C1 de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la UPV* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://riunet.upv.es/handle/10251/106523>

López-Escamilla, Á., Herrera-Limones, R., & León-Rodríguez, Á. L. (2022). Evaluation of environmental comfort in a social housing prototype with bioclimatic double-skin in a tropical climate. *Building and Environment*, 218, 109119.

LOQUIS (12 de noviembre de 2020). Catedral de Canterbury, Abadía de San Agustín e Iglesia de San M. <https://www.loquis.com/es/loquis/782128/Catedral+de+Canterbury+Abad+a+de+San+Agust+n+e+Iglesia+de+San+M>

Luna, P., Takeuchi, C., Granados, G., Lamus, F., y Lozano, J. (2011). Metodología de diseño de estructuras en guadúa angustifolia como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. *Revista Educación En Ingeniería*, 6(11), 66–75. <https://doi.org/10.26507/rei.v6n11.117>

- Luo, W., Kramer, R., de Kort, Y., Rense, P., & van Marken Lichtenbelt, W. (2022). The effects of a novel personal comfort system on thermal comfort, physiology and perceived indoor environmental quality, and its health implications-Stimulating human thermoregulation without compromising thermal comfort. *Indoor Air*, 32(1), e12951.
- Marín Parra, D., Buelvas-Salgado, J. M., Correa Orozco, J. L., Martínez Osorio, G., Hernández Porras, R. E., Ghisays Chadid, G., ... & Cohen Cárdenas, É. (2018). Enfoques, teorías y perspectivas de la Arquitectura y sus programas académicos. <https://repositorio.cecar.edu.co/handle/cecar/2856>
- Martínez, C. F. (2005). Comportamiento térmico-energético de envolvente de vivienda en SM de Tucumán en relación a la adecuación climática. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82318>
- Mazur, Ł., Bać, A., Vaverková, M. D., Winkler, J., Nowysz, A., & Koda, E. (2022). Evaluation of the quality of the housing environment using multi-criteria analysis that includes energy efficiency: a review. *Energies*, 15(20), 7750. <https://doi.org/10.3390/en15207750>
- Mellado Mascaraque, M. Á., Castilla Pacual, F. J., Oteiza, I., & Aparicio Secanellas, S. (2020). Hygrothermal assessment of a traditional earthen wall in a dry Mediterranean climate. *Building Research & Information*, 48(6), 632-644.
- Mesonero, V. R. (s.f.). El Coliseo Romano. http://www.enrollate.es/wp-content/uploads/2018/03/T_El-coliseo.pdf
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador [MIDUVI] (2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11. Capítulo 13. Eficiencia Energética en la construcción en Ecuador. <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energ3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI] (2016). Acuerdo-Ministerial-No.-033-16. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/2016-08->

- Mohmod, A.L.; Amin, A.H.; Kasim, J.; Jusuh, M.Z. 1993. Effects of anatomical characteristics on the physical and mechanical properties of *Bambusa blumeana*. *Journal of Tropical Forest Science* 6(2):159-170. <https://www.frim.gov.my/v1/JTFSONline/jtfs/v6n2/159-170.pdf>
- Moreira, L. M. (2019). Exposición al asbesto en trabajadores de la construcción y su relación con la salud pulmonar. *Revista San Gregorio*, (29). <https://doi.org/10.36097/rsan.v0i29.925>
- Muñoz, F. (2019). Sobre arquitectura (en el Pabellón de Barcelona). La exposición como forma de investigación. *Ra. Revista de Arquitectura*, 156-167. <https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-arquitectura/article/view/38704>
- Murcia, F. J. (13 de mayo de 2019). Partenón, el gran templo de Atenea. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/partenon-gran-templo-atenea_6357
- Navas Gutiérrez, E. D. (2011). Aplicaciones estructurales de la guadúa (*Guadúa angustifolia* Kunth): Proyecto de estructura modular multifuncional en Colombia. <https://oa.upm.es/13719/>
- Nienhuys, S. (1976). Bambú caña guadúa: recomendaciones para el uso en la construcción. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/4203>
- Nikezić, A., Ristić Trajković, J., & Milovanović, A. (2021). Future housing identities: Designing in line with the contemporary sustainable urban lifestyle. *Buildings*, 11(1), 18. <https://doi.org/10.3390/buildings11010018>
- Noguera, M.M. (2011). Historia de la Arquitectura de la Edad Media Antología comentada. <https://pculturales.ujat.mx/FilesPublicaciones/files40/historia%20de%20la%20arquitectura%20de%20la%20edad%20media.%20baja.pdf>

- ONU (2001). "Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies" (Nueva York: Organización de las Naciones Unidas). En <www.un.org/esa/sustdev/natinfo/indicators/isdms2001/isd-ms2001socialB.htm>.
- ONU (2005). "Advisory Committee on Indicators" (Nueva York: Organización de las Naciones Unidas). En <<http://unstats.un.org/unsd/indicator-foc/indseachpage.asp?cid=114>>.
- Olgay V, Olgay A. (1963). Diseño con clima: enfoque bioclimático del regionalismo arquitectónico. 1ra Edición. Prensa de la Universidad de Princeton Princeton Nueva Jersey. https://editorialgg.com/media/catalog/product/9/7/9788425214882_inside.pdf
- Olgay, V. (1998). Arquitectura y clima. *Barcelona, España, Gustavo Gili*. <http://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/handle/123456789/26>
- Ordóñez-Candelaria, V. R. (1999). Perspectivas del bambú para la construcción en México. *Madera y Bosques*, 5(1), 3-12. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61750102.pdf>
- Ortega, A. O. (2018). Enfoques de investigación. *Métodos para el diseño urbano–Arquitectónico*, 1. https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Otero-Ortega/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION/links/5b6b7f9992851ca650526dfd/ENFOQUES-DE-INVESTIGACION.pdf
- Ortega-Andrade, F. (1992). La construcción en Egipto (II). *Revista de Edificación*. https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/16487/1/RE_Vol%2011_07.pdf
- Ortiz, M., & Rozo, S. (2021). ¿De qué manera las estrategias basadas en construcción sostenible contribuyen a la generación de proyectos competitivos en Bogotá? <http://hdl.handle.net/10726/4349>
- Palomo Cano, M. (2017). Aislantes térmicos: criterios de selección por requisitos energéticos. <https://oa.upm.es/47071/>

- Pascual Albarracín, E., Bugallo Siegel, F. J., & Pascual Albarracín, M. (2009). Arqueoastronomía: Stonehenge. *Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica*, 389, 28-36. <https://oa.upm.es/5370/>
- Payne-Frank, J., & Schwabe, S. (2022). Staging Openness through Atmosphere at the Oslo Opera House. *Architecture and Culture*, 10(1), 39-57. <https://doi.org/10.1080/20507828.2021.2016254>
- Pérez-Bezós, S., Figueroa-López, A., Etxebarria-Mallea, M., Oregi, X., & Hernandez-Minguillon, R. J. (2022). Assessment of Social Housing Energy and Thermal Performance in Relation to Occupants' Behaviour and COVID-19 Influence—A Case Study in the Basque Country, Spain. *Sustainability*, 14(9), 5594.
- Perreault, K., Riva, M., Dufresne, P., & Fletcher, C. (2020). Overcrowding and sense of home in the Canadian Arctic. *Housing Studies*, 35(2), 353-375. <https://doi.org/10.1080/02673037.2019.1602720>
- Prado Gárate, A. E. R. (2019). Tacuara (*Guadúa trinii*) y Bambú (*Guadúa angustifolia*) como recurso lignocelulósico no tradicional para la obtención de nanocelulosa. <https://rid.unam.edu.ar/handle/20.500.12219/2534>
- Ramos-Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciaAmérica*, 9(3), 1-6. <http://201.159.222.118/openjournal/index.php/uti/article/view/336/621>
- Recart, C., & Dossick, C. S. (2022). Hygrothermal behavior of post-retrofit housing: A review of the impacts of the energy efficiency upgrade strategies. *Energy and Buildings*, 262, 112001.
- Rigotti, A. M. (2009). *Teorizaciones sobre el espacio, la estructura y la envolvente, Cuaderno del Laboratorio de Historia Urbana 4*. A&P Ediciones. <http://hdl.handle.net/2133/2636>
- Rincón-Martínez, J. C., García-Gómez, C., y González-Trevizo, M. E. (2022). Estimación del rango de confort higrotérmico para exteriores en dos bioclimas extremos de México. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 23(2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432022000200106&script=sci_arttext

- Riou, B., Ortego, E., Delplanque, V., Blanchard, B., Gandemer, J., & Stabat, P. (2023). Potential and limits of Natural Ventilation for comfort in retrofit buildings in tropical climates. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 396, p. 02021). EDP Sciences.
- Robledo-Fava, R., Hernández-Luna, M. C., Fernández-de-Córdoba, P., Michinel, H., Zaragoza, S., Castillo-Guzman, A. y Selvas-Aguilar, R. (2019). Analysis of the Influence Subjective Human Parameters in the Calculation of Thermal Comfort and Energy Consumption of Buildings. *Energies*, 12(8), 1531. <https://doi.org/10.3390/en12081531>
- Rodenas Parra, G. (2022). *La arquitectura bioclimática. Análisis regulatorio y estudio caso práctico* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://riunet.upv.es/handle/10251/181307>
- Rosaleny Gamón, C. (2016). *Stonehenge: vestigios de un mito* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/72415/ROSALENY%20-%20CPA-F0141%20Stonehenge.%20Vestigios%20de%20un%20mito.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Ruggirello, H. M. (2011). El Sector de la Construcción en perspectiva. *Internacionalización e impacto en el mercado de trabajo. 1a ed. Buenos Aires: Aulas y Andamios*. <https://cdi.mecon.gob.ar/bases/docelec/az2564.pdf>
- Ruiz, D. C. (2020). Vivienda, Hacinamiento y Cuarentena. *Ensaïos de Geografia*, 5(9), 63-68.
- Ruiz-Tagle, J., & Urria, I. (2022). Household overcrowding trajectories and mental well-being. *Social Science & Medicine*, 296, 114051. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114051>
- Rujeles Martínez, V. (2022). *Las Especies vegetales en tiempos del cambio climático: cálculo de la estimación de absorción de dióxido de carbono atmosférico de las especies: Guadúa*

Angustifolia Kunth, Phyllostachys Pubescens y Eucalyptus Globulus (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

Salas (2008). *Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=6984>

Salazar Contreras, J., & Díaz, G. (1997). Inmunización de la guadúa. *Ingeniería e Investigación*.
<https://doi.org/10.15446/ing.investig.n38.20948>

Salcedo (2018, 10 mayo). Elementos para la caracterización mecánica de la Guadúa. *Angustifolia Kunth*, 212. <https://fddocuments.ec/document/caracterizacion-mecanica-guadua-salcedo.html>

Sánchez, M. A. (06 de julio de 2022). Camina por la Avenida de las Esfinges Egipto: Karnak y Luxor, los templos egipcios otra vez unidos. <https://www.rtve.es/television/20220606/grandes-templos-karnak-luxor-egipto/2222180.shtml>

Sánchez-López, P. L. (2022). Comparativa de análisis climático para estrategias de diseño mediante simuladores y carta psicrométrica de Givoni. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10(Especial2), 148-154.

Santiago Zaragoza, J. M., Fernández Sánchez, A., & Cruz Valdivieso, A. M. (2021). Ingeniería para las nuevas generaciones: contruyendo con bambú. *Engineering for next generations: building with bamboo*. I Congreso de Escuelas de Edificación y Arquitectura Técnica de España.

Sanz Díaz, B. (2010). Historia del Pensamiento Político Premoderno 03 Platón.
<https://roderic.uv.es/handle/10550/29317>

Sartini, M., Carbone, A., Demartini, A., Giribone, L., Oliva, M., Spagnolo, A. M., ... & Cristina, M. L. (2022, August). Overcrowding in emergency department: causes, consequences, and

solutions—a narrative review. In *Healthcare* (Vol. 10, No. 9, p. 1625). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/healthcare10091625>

Segura, R. (2012). Pielas arquitectónicas: de la fachada a la envolvente.
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/38970/RUA7p28.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sekhar, D. y Nayak, S. (2018). Utilization of granulated blast furnace slag and cement in the manufacture of compressed stabilized earth blocks. *Construction and Building Materials*, 166, 531-536. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.01.125>

Semper, Gottfried (2004). *Style in the Technical and Tectonic Arts; or, Practical Aesthetics*. Trans. Harry F. Mallgrave (Santa Monica, 2004). ISBN 0-89236-597-8

Sepúlveda, O. M. (1986). El espacio en la vivienda social y calidad de vida. *Revista invi*, 1(2), 10-34. <https://enfoceseducacionales.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/61937>

Soler, P.S, Cubells, M. J. S., & Sanchis, J. M. V (2017). Uso del bambú en la arquitectura contemporánea. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio institucional Universidad Politécnica de Valencia.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106203/SOLER%20-%20CSA-F0111%20Uso%20del%20bamb%c3%ba%20en%20la%20arquitectura%20contempor%3%a1nea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Spicker, P., Álvarez, L., y Gordon, D. (2009). Pobreza: Un glosario internacional / edición literaria 1a ed. - Buenos Aires: *Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales – CLACSO*. 320 p. 23x16 cm. - (CLACSO-CROP). <https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/13083/1/glosario.pdf>

Steen, L. B. E. (2022). *El elemento mampuesto: los materiales innovadores para un hábitat sostenible: estudio comparativo de diferentes envolventes de casas pasivas en*

España (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/374520>

Talavera, F. J. (2014). Comentario Capilla Pazzi.
<http://blogarteehistoria.blogspot.com/2014/02/comentario-capilla-pazzi.html>

Terres Martinez, G. (2016). *Caracterización térmica de sistemas constructivos basados en tallos de bambú y su aplicación en la arquitectura bioclimática* (Master's thesis, Universidad Autónoma Metropolitana (México). Unidad Azcapotzalco. Coordinación de Servicios de Información.).

Toala-Zambrano, L. A., Cobeña, W. D. L., Mendoza, G. W. V., y Chávez, J. E. Q. (2022). Confort higrotérmico en proyectos de viviendas unifamiliares en la ciudad de Portoviejo. *InGenio Journal: La revista de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ*, 5(1), 43-55.
<https://doi.org/10.18779/ingenio.v5i1.475>

Torres, J. A. C., Escobar, M. A. C., & Jimenez, R. A. J. (2021). Reflexiones teóricas sobre las necesidades humanas. *Revista Latinoamericana de Educación y Estudios Interculturales*.
https://www.researchgate.net/profile/Randy-Jimenez-Jimenez/publication/359448263_Reflexiones_teoricas_sobre_las_necesidades_humanas_Theoretical_reflections_on_human_needs/links/623d149fae68894e2a2c049a/Reflexiones-teoricas-sobre-las-necesidades-humanas-Theoretical-reflections-on-human-needs.pdf

Torres, D., Duque, J., Peña, P., & Ramírez, Á. D. (2013). Compilacion de inventario de ciclo de vida para la produccion de caña guadúa (guadúa angustifolia kunth).
<https://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/ExtendedAbstracts/EA020.pdf>

Trachana, A. (2021). Envolvertes performativas y “la ciudad escena”. *Bitácora Urbano Territorial*, 31(2), 173-187. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v31n2.85992>

- Trillo, L. M. (2003). Construyendo Londres. Dibujando Europa. <https://idus.us.es/handle/11441/91062>
- Umaña, V. C. (2009). Bambú Guadúa: un recurso ecológico. *Tecnología en marcha*, 22(3), 3-9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835838>
- Valero, S. W., Reyes, E., & Contreras, W. (2005). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del Bambú (*Bambusa vulgaris*), de tres años de edad y proveniente de las plantaciones ubicadas en la ribera de la margen derecha del Río Chama, municipio Francisco Javier Pulgar, Estado Zulia, Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana*, (37). <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA175947042&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=07982437&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7E33e3111b&aty=open-web-entry>
- Vargas, C. G. F. (2021). Reflexiones sobre arquitectura vernácula, tradicional, popular o rural. *Arquitectura y Urbanismo*, 42(1), 146-163. <https://www.redalyc.org/journal/3768/376868445005/376868445005>
- Verma, S. K., Anand, Y., Gupta, N., Jindal, B. B., Tyagi, V. V., & Anand, S. (2022). Hygrothermal dynamics for developing energy-efficient buildings: Building materials and ventilation system considerations. *Energy and Buildings*, 260, 111932. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111932>
- Villalba, A., Pattini, A., y Córca, M. (2012). Análisis de las características morfológicas de las envolventes edilicias y del entorno urbano desde la perspectiva de la iluminación natural. *Ambiente Construido*, 12(4), 159-175. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000400011>
- Vinueza Mendoza, G. W. (2012). Vivienda popular y aspectos socioeconómicos de los habitantes de la cooperativa 20 de febrero de la ciudad de Quevedo, Año 2011, Plan de negocios Inmobiliario. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5645>

- Whitman, C. J. (2020). Building performance evaluation of a 14th century Pargetted House: hygrothermal comfort and energy efficiency. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497947>
- Wilson, W., & Barton, C. (2020). Overcrowded housing (England). *House of Commons Library*. <https://allcatsrgrey.org.uk/wp/download/housing/SN01013.pdf>
- Winston, N. (2022). Sustainable community development: Integrating social and environmental sustainability for sustainable housing and communities. *Sustainable Development*, 30(1), 191-202. <https://doi.org/10.1002/sd.2238>
- Yang, L., Fu, R., He, W., He, Q., & Liu, Y. (2020). Adaptive thermal comfort and climate responsive building design strategies in dry-hot and dry-cold areas: Case study in Turpan, China. *Energy and Buildings*, 209, 109678. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109678>
- Yuan, L., Takada, S., Nagano, Y., & Fukui, K. (2023). Quantification of moisture flux from the wall surface in contact with the ground in a semi-underground space based on measurements and hygrothermal analysis. *Journal of Building Engineering*, 73, 106803. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106803>
- Zambrano, L. A. T. (2022). *Confort higrotérmico en proyectos de viviendas unifamiliares en la ciudad de Portoviejo*. Revista ingenio vol. 5, núm. 1, 2022. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/385/3852780005/html/>

REFERENCIAS DE FIGURAS

- Figura 1. Madella/ModAgrO, s.f. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/cultura-valle-indo-mas-antiguas-civilizaciones-urbanas-mundo_17816
- Figura 2. <https://www.rutasjaumei.com/es/epoca-medieval/3-34/la-vivienda-medieval.php>
- Figura 3. <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-vi/>
- Figura 4. <https://www.worldhistory.org/image/16982/the-crystal-palace/>

Figura 5. https://www.archdaily.pe/pe/624326/caja-obscura-javier-corvalan-laboratorio-de-arquitectura?ad_medium=gallery

Figura 6. <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-vanna-venturi/>

Figura 7. <https://www.archdaily.cl/cl/802837/casa-de-ladrillo-paulo-ambrosoni>

Figura 8. https://es.wikiarquitectura.com/edificio/iglesia-de-la-luz/#google_vignette

Figura 9. <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/edificio-unilever/>

Figura 10. Elaboración propia

Figura 11. López-Escamilla et al. (2022)

Figura 12. Riou et al. (2023)

Figura 13. Sánchez-López (2022)

Figura 14. Genovez et al. (2021)

Figura 15. Calle et al. (2021)

Figura 16. Anis (2019)

Figura 17.

<https://www.urbipedia.org/w/images/thumb/3/32/GlennMurcutt..CasaMarieShort.1.jpg/320px-GlennMurcutt..CasaMarieShort.1.jpg>

Figura 18.

https://arquitecturaviva.com/assets/uploads/obras/46626/av_imagen.webp?h=4debaf7

Figura 19.

https://arquitecturaviva.com/assets/uploads/obras/47666/av_imagen.webp?h=38c31794

Figura 20.

https://arquitecturaviva.com/assets/uploads/obras/39994/av_medium_av_109812.webp?h=264ff961

Figura 21. <http://architecture-history.org/architects/architects/MEIER/PIC/US01.jpg>

Figura 22.

<https://imagenes.elpais.com/resizer/y32lcSnwsQXdMFuvuqOhs9s6FtM=/1960x0/cloudfront-eu-central-1.images.arcpublishing.com/prisa/R7AVAD3STZMCNI4W XFSP4WS5RY.jpg>

Figura 23.

https://images.adsttc.com/media/images/552b/14f5/e58e/cea1/1900/04f8/newsletter/FC_4.jpg?1428886761

Figura 24. <https://elplanz-arquitectura.blogspot.com/2013/09/jean-nouvel-instituto-del-mundo-arabe.html>

Figura 25.

https://images.adsttc.com/media/images/5127/596f/b3fc/4b11/a700/179a/large_jpg/wang-shu-ningbo-museum-41731.jpg?1412170281

Figura 26.

https://arquitecturaviva.com/assets/uploads/obras/41022/av_59523.webp?h=d32c319f

Figura 27. Elaboración propia

Figura 28. Foto inédita del autor

Figura 29. Foto inédita del autor

Figura 30. Imagen de libre acceso

Figura 31. Imagen de libre acceso

Figura 32. Imagen de libre acceso

Figura 33. Imagen de libre acceso

Figura 34. Imagen de libre acceso

Figura 35. Imagen de libre acceso

Figura 36. Salas (2008)

Figura 37. Foto inédita del autor

Figura 38. <https://www.pinterest.co.uk/pin/586523551442401157/>

Figura 39. http://www.zeri.org/ZERI/Home_files/ZERI%20PAVILION%202012.pdf

Figura 40. http://www.zeri.org/ZERI/Home_files/ZERI%20PAVILION%202012.pdf

Figura 41. http://www.zeri.org/ZERI/Home_files/ZERI%20PAVILION%202012.pdf

Figura 42. http://www.zeri.org/ZERI/Home_files/ZERI%20PAVILION%202012.pdf

Figura 43. http://www.zeri.org/ZERI/Home_files/ZERI%20PAVILION%202012.pdf

Figura 44. <https://www.archdaily.cl/cl/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez>

Figura 45.

https://images.adsttc.com/media/images/55e6/0dce/f034/d22f/4d00/0003/slideshow/31-with-out-logo_small.jpg?1441140168

Figura 46. ecohabitar (2020)

Figura 47. Foto inédita del autor

Figura 48. Foto inédita del autor

Figura 49. Foto inédita del autor

Figura 50. Foto inédita del autor

Figura 51. Norma Ecuatoriana de construcción. Estructuras de guadúa. NEC.2016

Figura 52. Imagen diseñada por el autor

Figura 53. Foto inédita del autor

Figura 54. Foto inédita del autor

Figura 55. Vaisala (2024)

Figura 56. Foto inédita del autor

Figura 57. Modelos matemáticos de confort (2023)

Figura 58. Design builder software CFD (2023)

Figura 59. Design builder software CFD (2023)

Figura 60. CFD (2023)

Figura 61. Google Earth, [26, Junio, 2019].

Figura 62. Foto inédita del autor

Figura 63. Elaborado por el autor [26, Junio, 2019].

Figura 64. Elaborado por el autor

Figura 65. Elaborado por el autor

Figura 66. Elaborado por el autor

Figura 67. Elaborado por el autor

Figura 68. Elaborado por el autor

Figura 69. Elaborado por el autor

Figura 70. Elaborado por el autor

Figura 71. Google Earth [26, Junio, 2019].

Figura 72. Foto inédita del autor [26, Junio, 2019].

Figura 73. Elaborado por el autor [26, Junio, 2019].

Figura 74. Elaborado por el autor

Figura 75. Elaborado por el autor

Figura 76. Elaborado por el autor

Figura 77. Elaborado por el autor

Figura 78. Elaborado por el autor

Figura 79. Elaborado por el autor

Figura 80. Elaborado por el autor

Figura 81. Google Earth [26, Junio, 2019].

Figura 82. Foto inédita del autor [26, Junio, 2019].

Figura 83. Elaborado por el autor [26, Junio, 2019].

Figura 84. Elaborado por el autor

Figura 85. Elaborado por el autor

Figura 86. Elaborado por el autor

Figura 87. Elaborado por el autor

Figura 88. Elaborado por el autor

Figura 89. Elaborado por el autor

Figura 90. Elaborado por el autor

Figura 91. Google Earth [26, Junio, 2019].

Figura 92. Foto inédita del autor [26, Junio, 2019].

Figura 93. Elaborado por el autor [26, Junio, 2019].

Figura 94. Elaborado por el autor

Figura 95. Elaborado por el autor

Figura 96. Elaborado por el autor

Figura 97. Elaborado por el autor

Figura 98. Elaborado por el autor

Figura 99. Elaborado por el autor

Figura 100. Elaborado por el autor

Figura 101. Elaborada en Excel por el autor. [28, Junio, 2019].

Figura 102. Google Earth [26, Junio, 2024].

Figura 103. Foto inédita del autor [26, Junio, 2023].

Figura 104. Elaborado por el autor [26, Junio, 2023].

Figura 105. Elaborado por el autor

Figura 106. Elaborado por el autor

Figura 107. Elaborado por el autor

Figura 108. Elaborado por el autor

Figura 109. Elaborado por el autor

Figura 110. Elaborado por el autor

Figura 111. Elaborado por el autor

Figura 112. Elaborado por el autor

Figura 113. Elaborado por el autor

Figura 114. Elaborado por el autor

Figura 115. Elaborado por el autor

Figura 116. Google Earth [26, Junio, 2019].

Figura 117. Foto inédita del autor

Figura 118. Elaborado por el autor

Figura 119. Elaborado por el autor. Mediciones in situ

Figura 120. Programa REVIT 2023 y mediciones In situ

Figura 121. Elaborado por el autor

Figura 122. Elaborado por el autor

Figura 123. Elaborado por el autor

Figura 124. Elaborado por el autor

Figura 125. Elaborado por el autor

Figura 126. Elaborado por el autor

Figura 127. Elaborado por el autor

Figura 128. Elaborado por el autor

Figura 129. Elaborado por el autor

Figura 130. Elaborado por el autor

Figura 131. Elaborado por el autor

Figura 132. Elaborado por el autor

Figura 133. Foto inédita del autor

Figura 134. Foto inédita del autor