

# Aplicación y Evaluación de principios de biofilia en una vivienda en la región costa, 2023

Miguel Angel Avila Vargas  
Paul Alexander Collaguazo Guaya

Avila, M. Collaguazo, P. (2023).

Aplicación y Evaluación de principios de Biofilia en una vivienda de la región costa, Ecuador.

Universidad Tecnológica Indoamérica - Quito



**Universidad  
Indoamérica**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PRINCIPIOS DE BIOFILIA EN  
UNA VIVIENDA DE LA REGIÓN COSTA**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de  
Arquitecto

Autores

**Avila Vargas Miguel Angel**

**Collaguazo Guaya Paúl Alexander**

Tutor(a)

**M. Arch. Raúl Marcelo Villacís Ormaza**

**QUITO - ECUADOR  
2023**

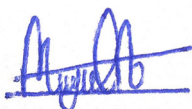
## AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN

Yo, AVILA VARGAS MIGUEL ANGEL y COLLAGUAZO GUAYA PAÚL ALEXANDER, declaramos ser autores del Trabajo de Titulación con el nombre "APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PRINCIPIOS DE BIOFILIA EN VIVIENDAS DE LA REGIÓN COSTA DEL ECUADOR, 2023". como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizamos al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios especificos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 4 días del mes de Septiembre de 2023, firmo conforme:



.....  
AVILA VARGAS MIGUEL ANGEL  
C.I. 1750326066  
Dirección: La Rumiñahui  
Correo: mavila6@indoamerica.edu.ec

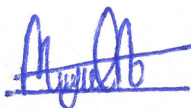


.....  
COLLAGUAZO GUAYA PAÚL ALEXANDER  
C.I. 1723354617  
Dirección: Calderón  
Correo: paulpacg31@gmail.com

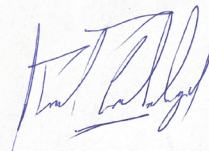
## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 4 de Septiembre de 2023



AVILA VARGAS MIGUEL ANGEL  
C.I. 1750326066



COLLAGUAZO GUAYA PAÚL ALEXANDER  
C.I. 1723354617

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PRINCIPIOS DE BIOFILIA EN VIVIENDAS DE LA REGIÓN COSTA DEL ECUADOR, 2023” presentado por AVILA VARGAS MIGUEL ANGEL y COLLAGUAZO GUAYA PAÚL ALEXANDER para optar por el título de Arquitecto., CERTIFICO Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 4 de Septiembre de 2023



Firmado electrónicamente por:  
RAÚL MARCELO  
VILLACIS ORMAZA

RAÚL MARCELO VILLACIS ORMAZA  
C.I. 1312200106

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PRINCIPIOS DE BIOFILIA EN VIVIENDAS DE LA REGIÓN COSTA DEL ECUADOR, 2023, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 4 de Septiembre de 2023



Firmado electrónicamente por:  
JULIO CESAR VEGA  
BETANCOURT

.....  
JULIO CESAR VEGA BETANCOURT  
C.I. 1721444881



Firmado electrónicamente por:  
JOSE RAMON LEYVA  
GUZMAN

.....  
JOSÉ RAMÓN LEYVA  
C.I. 1756756902

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a cada una de las personas que fueron parte de este proceso, que alentaron mi crecimiento y desarrollo a lo largo de estos años, en especial a mis padres, hermanas y hermanos que han sido la inspiración para cumplir mis objetivos, de igual manera a aquellas personas especiales, amigas y amigos que compartieron gratos momentos conmigo, esto es para ustedes.

MIGUEL

Dedico este trabajo a la incansable búsqueda del conocimiento y al inquebrantable espíritu de superación que me ha impulsado a culminar este recorrido académico. En cada página plasmamos no solo el resultado de nuestro esfuerzo, sino también la profunda gratitud hacia quienes nos han acompañado en esta travesía.

PAÚL

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, hermanas y hermanos que me han brindado todo su apoyo y predisposición durante toda mi etapa universitaria, permitiéndome conseguir esta meta. También agradezco a mis docentes, amigos y compañeros de clase, que hicieron de este camino una experiencia mucho más amena y enriquecedora.

MIGUEL

Expreso una sincera y gran gratitud a mi familia, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido mi motor en este camino. En especial, quiero honrar la memoria de mi padre Andrés, cuya influencia perdura en cada logro. A nuestros valiosos profesores, cuya sabiduría guio nuestra comprensión. A nuestros compañeros, cuya amistad hizo que los desafíos fueran alcanzables, estas palabras de agradecimiento son un reflejo de su impacto en el éxito de la culminación de esta carrera.

PAÚL

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación aborda la aplicación y evaluación de los principios de biofilia propuestos por Stephen Kellert en una vivienda agro-productiva en la región costa de Ecuador. El objetivo general de este estudio fue evaluar la efectividad de los patrones de diseño biofílico para mejorar el confort y la eficiencia energética de la vivienda rural. Para alcanzar este objetivo, se definieron los patrones de diseño biofílico de Kellert a emplearse en el proyecto, y se seleccionaron cinco metodologías para medir la efectividad de cada uno de los patrones utilizados. Además, se comparó el desempeño de las estrategias dentro de un caso base y una propuesta de mejora.

Las metodologías seleccionadas se van a dividir en dos categorías, una que permite medir el nivel de confort, como la Escala de Restauración Percibida que obtiene información sobre la percepción de los usuarios potenciales; la sintaxis espacial que determinará mediante métricas la configuración de los espacios y sus implicaciones en el comportamiento de las personas; y la sintaxis natural que propone un método para cuantificar la cantidad de naturaleza visible de un espacio interior.

Por otro lado, tenemos aquellas que determinaran la eficiencia energética de los casos, como la metodología de Iluminación Diurna que analiza la luz natural en interiores, cuantifica la eficacia de la luz natural mediante un software de simulación, mientras que CBE 3D evalúa el confort térmico en espacios cerrados se basa en Predicted Mean Vote (PMV) y Temperatura Radiante Media (MRT).

Los resultados de la escala de restauración arrojan que los participantes ponderan a aquellas imágenes con cualidades biofílicas con una valoración alta (entre 8 y 9 en una escala de 10) en todas las categorías. La sintaxis espacial y la sintaxis natural demostraron que en sus respectivas escalas numéricas la efectividad de los valores biofílicos es mucho más evidente en las áreas sociales que en zonas de descanso. Mientras que los resultados obtenidos mediante las metodologías de iluminación y CBE 3D evidencian un inconfort predominante en el caso base a las 9:00 a. m. y persistente en áreas específicas a las 15:00 horas, mientras que el caso mejorado muestra mejoras notables a las 9:00 a. m. y logra un control óptimo a las 15:00 horas. Estas metodologías se revelan como un enfoque sistemático para mejorar el confort en diversos contextos, evidenciando resultados contrastantes.

**DESCRIPTORES:** arquitectura, biofilia, Kellert, patrones de diseño, sostenible.



## ABSTRACT

This research addresses the application and evaluation of the principles of biophilia proposed by Stephen Kellert in an agro-productive housing in the coastal region of Ecuador. The general objective of this study was to evaluate the effectiveness of biophilic design patterns to improve the comfort and energy efficiency of rural housing.

To achieve this objective, seven Kellert's biophilic design patterns were selected to be applied in the project and five methodologies were selected to measure the effectiveness of each of the patterns. In addition, the performance of the strategies was compared within a base case and an improvement proposal.

The selected methodologies will be divided in two categories, one that allows measuring the comfort level, such as the Perceived Restoration Scale that information on the perception of potential users; the spatial syntax that will determine through metrics the configuration of spaces and their implications on people's behavior; and the natural syntax proposes a method to quantify the amount of visible nature in an interior space.

On the other hand, we have those that will determine the energy efficiency of both cases, such as the Daylighting methodology that analyzes natural light indoors, quantifying the effectiveness of natural light using simulation software, while CBE 3D evaluates thermal comfort in enclosed spaces based on Predicted Mean Vote (PMV) and Average Radiant Temperature (MRT).

The results of the restoration scale show that participants weigh these images with biophilic qualities with a high rating (between 8 and 9 on a scale of 10) in all categories. Spatial syntax and natural syntax showed that on their respective numerical scales the effectiveness of biophilic values is much more evident in social areas than in rest areas. While the results obtained through the lighting and 3D CBE methodologies show a predominant discomfort in the base case at 9:00 a.m. and in specific areas at 15:00 hours. On contrast, the improved case shows remarkable improvements at 9:00 a.m. and achieves optimal control at 15:00 hours. These methodologies are revealed as a systematic approach to improve comfort in different contexts, evidencing contrasting results.

**KEYWORDS:** architecture, biophilia, design, Kellert, patterns, sustainable.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. Resumen.....</b>	<b>8</b>
<b>ETAPA 1 • Conocimiento Previo.....</b>	<b>20</b>
<b>2. Introducción .....</b>	<b>22</b>
-Justificación.....	28
-Objetivos.....	29
-Objetivo general.....	29
-Objetivos específicos.....	29
<b>3. Fundamentación teórica.....</b>	<b>30</b>
-Arquitectura Sostenible.....	30
-Eficiencia Energética.....	31
-Confort.....	32
-Stephen Kellert.....	34
-Biofilia.....	35
-Biofilia en la Arquitectura: Más Allá de la Integración de la Naturaleza.....	36
-La aplicación de la teoría biofílica en el ámbito residencial.....	38
<b>ETAPA 2 • Aplicación Metodológica.....</b>	<b>42</b>
<b>4. Materiales y Métodos.....</b>	<b>44</b>
-Fases.....	45
-Fase de Diagnóstico.....	46
-Fase de Aplicación.....	55
-Escala de Restauración Percibida.....	62
-Sintaxis Espacial .....	66
-Sintaxis Natural.....	73
-CBE 3D Confort Térmico.....	77
-Iluminación diurna.....	80

<b>ETAPA 3 • Difusión de Resultados.....</b>	<b>82</b>
<b>5. Resultados.....</b>	<b>84</b>
-Resultados Escala de Restauración Percibida.....	84
-Resultados Sintaxis Espacial.....	102
-Resultados Sintaxis Natural.....	112
-Resultados CBE 3D Confort Térmico.....	115
-Resultados Iluminación diurna.....	119
<b>6. Reflexiones finales.....</b>	<b>126</b>
<b>7. Recomendaciones.....</b>	<b>127</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>128</b>
<b>9. Anexos.....</b>	<b>134</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emisiones en Ton CO2 de fabricación de materiales para 1 m2.	23
Figura 2. Impactos del cambio climático en Latinoamérica	24
Figura 3. Materiales con mayor uso en cada fase de la construcción en Ecuador.	26
Figura 4. Dimensiones del desarrollo sostenible.	27
Figura 5. Gráfico de Confort.	33
Figura 6. Conexión con la naturaleza.	34
Figura 7. Entorno naturales.	35
Figura 8. Ganador del premio Stephen Kellert (2019).	36
Figura 9. Ganador del premio Stephen Kellert (2021).	36
Figura 10. Beneficios sobre la salud de la aplicación de Biofilia.	39
Figura 11. Patrones de diseño biofílico.	40
Figura 12. Patrones de diseño biofílico.	40
Figura 13. Patrones de diseño biofílico.	41
Figura 14. Estructura de las fases metodológicas.	44
Figura 15. Gráfico resumen de las condiciones climáticas.	47
Figura 16. Gráfico resumen de las condiciones geográficas y sociales.	48
Figura 17. Implantación caso base.	49
Figura 18. Planta Baja caso base.	50
Figura 19. Secciones y fachadas caso base.	51
Figura 20. Render exterior caso base.	56
Figura 21. Render interior caso base.	56
Figura 22. Render interior caso base.	56
Figura 23. Gráfico resumen de las propuestas de mejora.	55

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 24. Implantación caso mejorado.	56
Figura 25. Planta Baja caso mejorado.	57
Figura 26. Planta Alta caso mejorado.	58
Figura 27. Secciones y fachadas caso mejorado.	59
Figura 28. Render exterior caso mejorado.	60
Figura 29. Render exterior caso mejorado.	60
Figura 30. Render interior caso mejorado.	61
Figura 31. Render interior caso mejorado.	61
Figura 32. Render interior caso mejorado.	61
Figura 33. Proceso de aplicación de la encuesta.	64
Figura 34. Visualizaciones generadas de ambos casos.	65
Figura 35. Resultados de la herramienta VAS.	65
Figura 36. Proceso de Aplicación de la sintaxis espacial	66
Figura 37. Información Técnica de caso base.	68
Figura 38. Información Técnica de caso base.	68
Figura 39. Configuración 1 de la planta arquitectónica del caso base.	68
Figura 40. Configuración 2 de la planta arquitectónica del caso base	68
Figura 41. Configuración 1 de la planta arquitectónica del caso base.	69
Figura 42. Configuración 2 de la planta arquitectónica del caso base.	69
Figura 43. Referencia de las unidades de análisis del caso base.	69
Figura 44. Información Técnica de caso base.	70
Figura 45. Configuración 2 de la planta arquitectónica del caso base.	71
Figura 46. Configuración 2 de la planta arquitectónica del caso base.	71

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 47. Gráfico resumen referencial, de una de las métricas empleadas (conectividad).	72
Figura 48. Representación gráfica de la variable “permeabilidad”.	73
Figura 49. Fórmulas de las variables “permeabilidad”, “naturalidad de la Vista” y “Visibilidad de la Naturaleza”.	74
Figura 50. Representación gráfica de los parámetros de la variable “naturalidad de la vista” .	75
Figura 51. Gráfico resumen referencial de las variables necesarias para el cálculo de VN permeabilidad(1) y naturalidad de la vista (2).	76
Figura 52. Representación gráfica de la variable “MRT”	78
Figura 53. Gráfico resumen referencial de las variables necesarias para el cálculo de VN permeabilidad(1) y naturalidad de la vista (2).	79
Figura 54. Representación gráfica de la variable “iluminación diurna”	81
Figura 55. Representación gráfica de la variable “iluminación diurna”	81
Figura 56. Visualización del comedor y la cocina del caso base.	84
Figura 57. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta.	85
Figura 58. Mapa de Calor Imagen 1.	86
Figura 59. Mapa de secuencia Imagen 1.	86
Figura 60. Mapa de región Imagen 1.	87
Figura 61. Visualización de la sala de estar del caso base.	88
Figura 62. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta.	89
Figura 63. Mapa de Calor Imagen 2.	89
Figura 64. Mapa de Secuencia Imagen 2.	89
Figura 65. Mapa de Regiones Imagen 2.	90
Figura 66. Visualización exterior caso mejorado.	91
Figura 67. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta	92
Figura 68. Mapa de calor Imagen 3.	92
Figura 69. Mapa de secuencia Imagen 3.	92

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 70. Mapa de Regiones Imagen 3.	93
Figura 71. Visualización de una habitación del caso base	94
Figura 72. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta	94
Figura 73. Mapa de calor Imagen 4.	94
Figura 74. Mapa de Secuencia Imagen 4.	94
Figura 75. Mapa de Regiones Imagen 4.	9
Figura 76. Visualización de una habitación del caso mejorado.	97
Figura 77. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta	98
Figura 78. Mapa de calor Imagen 5.	98
Figura 79. Mapa de secuencia Imagen 5.	98
Figura 80. Mapa de Regiones Imagen 5.	99
Figura 81. Visualización exterior caso base.	100
Figura 82. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta.	101
Figura 83. Mapa de calor Imagen 6.	101
Figura 84. Mapa de secuencia Imagen 6.	101
Figura 85. Mapa de Regiones Imagen 6.	102
Figura 86. Planta Caso Base. Variable “conectividad”.	102
Figura 87. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable “conectividad”.	102
Figura 88. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable “conectividad”.	103
Figura 89. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado.	104
Figura 90. Planta Caso Base. Variable “integración”.	104
Figura 91. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable “integración”.	104
Figura 92. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable “integración”.	105

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 93. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado.	105
Figura 94. Planta Caso Base. Variable “inteligibilidad”.	106
Figura 95. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable “inteligibilidad”.	106
Figura 96. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable “inteligibilidad”.	106
Figura 97. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado.	107
Figura 98. Planta Caso Base. Variable “agrupamiento”.	108
Figura 99. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable “agrupamiento”.	108
Figura 100. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable “agrupamiento”	108
Figura 101. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado	109
Figura 102. Planta Caso Base. Variable “entropia”.	110
Figura 103. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable “entropia”.	110
Figura 104. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable “entropia”	110
Figura 105. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado	111
Figura 106. Representación gráfica de los parámetros de la variable “naturalidad de la vista”	112
Figura 107. Representación gráfica de los parámetros de la variable “naturalidad de la vista”.	113
Figura 108. Representación gráfica de los parámetros de la variable “naturalidad de la vista”.	113
Figura 109. Representación de la metodología “CBE 3D caso base”.	115
Figura 110. Gráfica de resultados “CBE 3D caso base 9:00 am”.	115
Figura 111. Representación de resultados “CBE 3D caso base 15:00”.	116
Figura 112. Representación gráfica de la metodología “CBE 3D caso mejorado 9:00 am.”	116
Figura 113. Representación gráfica de la metodología “CBE 3D caso mejorado 15:00 pm.”	116
Figura 114. Representación gráfica de resultados “CBE 3D caso mejorado 9:00am”.	117
Figura 115. Representación gráfica de resultados “CBE 3D caso mejorado 15:00pm”.	117
Figura 116. Representación gráfica de resultados “CBE 3D zona agro-productiva 9:00am”.	117



# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 117. Representación gráfica de resultados “CBE 3D zona agro-productiva 15:00pm”.	118
Figura 118. Representación gráfica de la metodología “CBE 3D caso mejorado 9:00 am (Zona agro-productiva)”.	118
Figura 119. Representación gráfica de la metodología “CBE 3D caso mejorado 15:00 pm (Zona agro-productiva)”.	118
Figura 120. Representación gráfica de la metodología “Iluminación diurna caso base”.	119
Figura 121. Representación gráfica de la metodología “Iluminación diurna caso mejorado 9:00 am”.	121
Figura 122. Representación gráfica de la metodología “Iluminación diurna caso mejorado (zona agro-productiva)”.	123

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proyección del promedio de calentamiento global .	30
Tabla 2. Proyección del incremento de temperatura por décadas.	30
Tabla 3. Proyectos con certificación LEED en Latinoamérica.	33
Tabla 4. Gasto Energético de materiales convencionales.	39
Tabla 5. Patrones de diseño biofílico.	45
Tabla 6. Gráfico resumen de las condiciones geográficas y sociales.	61
Tabla 7. Items de la Escala de Restauración Percibida.	71
Tabla 8. Clasificación de cobertura terrestre.	82
Tabla 9. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida.	93
Tabla 10. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida.	96
Tabla 11. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida.	99
Tabla 12. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida .	101
Tabla 13. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida.	105
Tabla 14. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida.	108
Tabla 15. Valores finales Conectividad Visual.	110
Tabla 16. Valores finales Integración.	112
Tabla 17. Valores finales Inteligibilidad.	114
Tabla 18. Valores finales Agrupamiento.	116
Tabla 19. Valores finales Entropía.	118
Tabla 20. Valores finales de las métricas de análisis.	120
Tabla 21. Resultados Dentro del lumbral 9:00 am y 15:00 pm.	127
Tabla 22. Resultados Por encima del lumbral 9:00 am y 15:00 pm.	128
Tabla 23. Resultados por debajo del lumbral 9:00 am y 15:00 pm.	128
Tabla 24. Resultados Dentro del lumbral 9:00 am y 15:00 pm.	129
Tabla 25. Resultados Por encima del lumbral 9:00 am y 15:00 pm.	130

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 26. Resultados Por debajo del lumbral 9:00 am y 15:00 pm.	130
Tabla 27. Resultados Dentro del lumbral 9:00 am y 15:00 pm.	131
Tabla 28. Resultados Por encima del lumbral 9:00 am y 15:00 pm.	131
Tabla 29. Resultados Por debajo del lumbral 9:00 am y 15:00 pm.	132

# ETAPA 1

Conocimiento previo



## 2. Introducción

El ser humano se encuentra inmerso dentro una crisis provocada por el cambio climático, fenómeno el cuál modifica procesos naturales, así como la interacción entre la especie y su entorno inmediato. Este desequilibrio genera la necesidad de redefinir la forma actual en la que disponemos y utilizamos los recursos (Delmonte, 2018).

Tabla 1. Proyección del promedio de calentamiento global

PROMEDIO DE CALENTAMIENTO GLOBAL PROYECTADO PARA FINAL DEL SIGLO	
TEMPERATURA	MEDIDAS
4,5 °C	Si los países no actúan
3,5 °C	Siguen actuales políticas
2,9°C	Basado en actuales compromisos

Fuente: Climate Action tracker (2017).

El IPCC (2019) estima que entre 2030 y 2050 la temperatura de la tierra se incremente en 1,5 °C, lo que se traducirá en una pérdida más agresiva de la masa glaciar, así también el aumento e intensidad de fenómenos como las lluvias extremas, sequías, olas de calor, agravando sus consecuencias negativas, tales como la erosión del suelo, la escasez de agua, pérdidas de vegetación y otras amenazas al entorno y al ser humano.

Tabla 2. Proyección del incremento de temperatura por décadas

PROMEDIO DE CALENTAMIENTO GLOBAL PROYECTADO POR DÉCADAS	
Década	Incremento de temperatura global
2000-2010	0,6
2010-2020	0,8
2020-2030	+1,0 (proyectado)
2030-2040	+1,2 (proyectado)
2040-2050	+1,5 (proyectado)

Fuente: IPCC (2018).

Uno de los sectores con mayor participación y que agrava la crisis climática es el de la construcción, ya que consume el 50 % de los recursos naturales (Alavedra, Domínguez, Gonzalo y Serra, 1998), un 40 % del consumo energético anual, un 12 % del consumo de agua potable global y produce un 38 % de las emisiones globales de gases de efecto de invernadero (USAID, 2013).

Dentro de la construcción, la elección de los materiales de es uno de los principales causantes de los impactos que el sector ocasiona sobre el ambiente. El proceso de elaboración transformación y transporte requieren un consumo de energía que produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por ende, los materiales con alto grado de industrialización son aquellos que mayor participación tienen en la emisión de gases efecto invernadero (Torres-Jaramillo, 2019).

## EMISIONES EN TON CO2 DE FABRICACIÓN DE MATERIALES PARA 1 M2

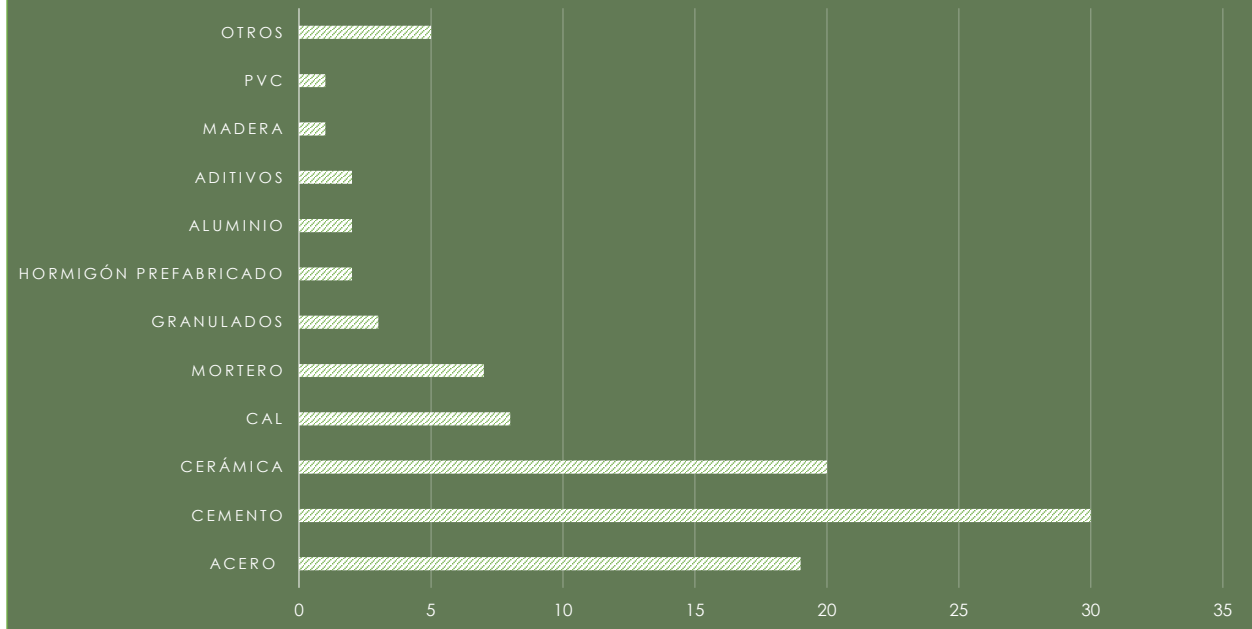


Figura 1. Emisiones en Ton CO2 de fabricación de materiales para 1 m2.  
Fuente: Cuchí, Wadel, López y Sagrera (2007).

Aunado a esto, los materiales convencionales de construcción, que han llevado un extenso proceso de fabricación carecen de un carácter adaptativo a los diferentes pisos climáticos en los que se utilizan. Esta particularidad provoca que tanto el confort térmico como la eficiencia energética se vean afectados.

En el contexto Latinoamericano los efectos nocivos del cambio climático pasan por la erosión de zonas costeras, así como el retroceso en los glaciares de la cordillera de los Andes (IPCC, 2014). Los países que se encuentran en vías de desarrollo tienen una susceptibilidad más alta a padecer los efectos del cambio climático, puesto que sus economías son dependientes de sectores vulnerable a las variaciones climáticas, como, por ejemplo, la agricultura. (IPCC, 2014).



Referencia

CONTRIBUCIÓN GRANDE



Ríos, Lagos, Inundaciones, Sequías



Glaciares, hielo, nieve, páramo



Ecosistemas terrestres



Incendios forestales



Ecosistemas marinos



Producción de alimentos



Medios de subsistencia

CONTRIBUCIÓN PEQUEÑA



Nivel de confianza en la atribución del cambio climático



Figura 2. Impactos del cambio climático en Latinoamérica.

Fuente: IPCC (2014).



Adicionalmente, dentro de países en vías de desarrollo a diferencia de los países “desarrollados” no solo se tiene una preocupación por la crisis climática, y los efectos negativos que tiene sobre los ecosistemas, sino también centra su atención en cuestiones sociales y económicas, debido a las condiciones de desigualdad y vulnerabilidad que la región presenta (Cordero y García, 2015; Toumi et al., 2017)

Ecuador, por ejemplo, tiene una producción del 0,1 % de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, lo que se traduce en una participación “baja” dentro de la crisis global, razón por la cual el aspecto medioambiental no es tratado como algo de “urgencia” como si lo son otras temáticas con consecuencias más visibles (Cordero y García, 2015).

La escasa existencia de edificaciones dentro del territorio ecuatoriano que puedan ser categorizadas como “sostenibles” evidencia la falta de aplicación de parámetros que contribuyan a la conservación del medio ambiente. Para el año 2022, en el país existen menos de treinta edificaciones certificadas con LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), que es un sistema para certificar la sustentabilidad de las edificaciones (CEES 2017; CEES 2022).

Las edificaciones actualmente demandan soluciones constructivas y estrategias que prioricen la sostenibilidad; las técnicas, sistemas y materiales en su mayoría no son amigables con el entorno medioambiental. La carencia de herramientas implica que la producción arquitectónica del país posea falencias en términos de desarrollo sostenible (Torres y Jaramillo, 2019).

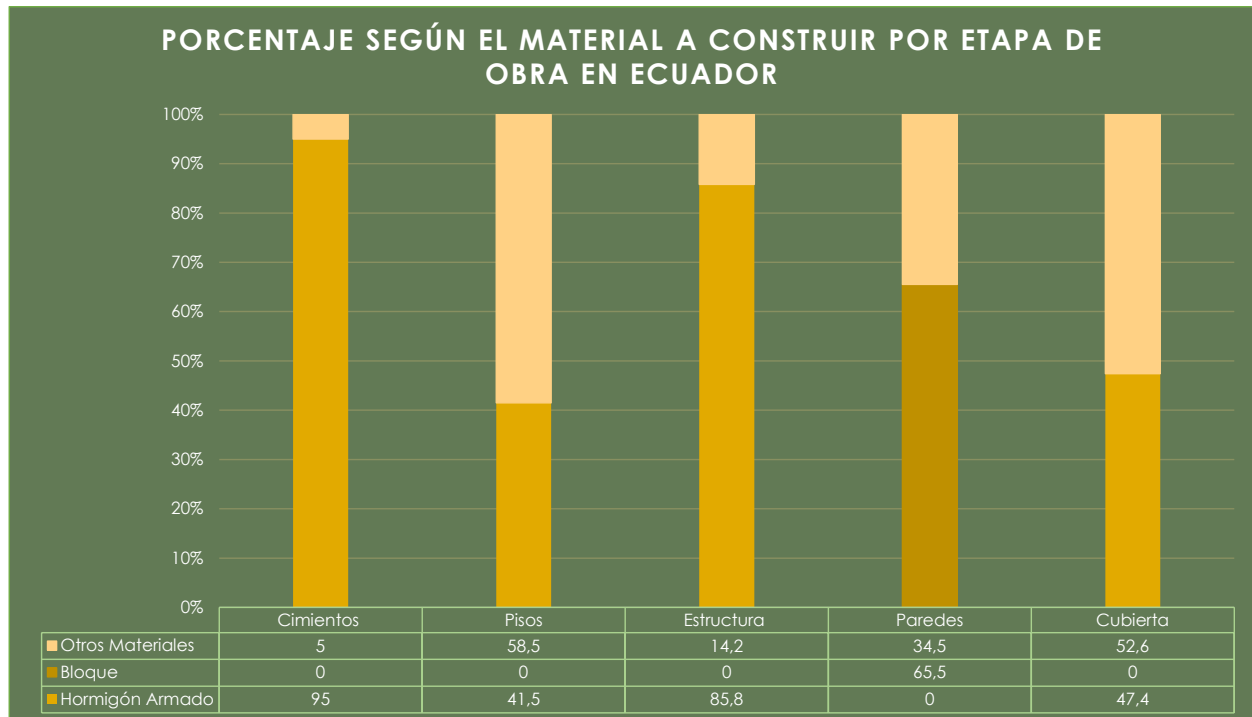
Tabla 3. Proyectos con certificación LEED en Latinoamérica.

PROYECTOS COMERCIALES LEED EN AMÉRICA LATINA		
País	Número de proyectos	Metros cuadrados totales
Brasil	1209	31.003.972
México	889	17.562.270
Chile	376	5.361.641
Colombia	329	5.824.382
Argentina	291	3.067.395
Perú	191	1.166.544
Costa Rica	148	2.673.094
Panamá	11	535.848
Guatemala	35	624.485
Ecuador	28	290.957
Uruguay	27	157.954

Fuente: Green Building Council (2016).

Resulta sencillo identificar la técnica constructiva que predomina; bloques de concreto, confinados en una estructura de hormigón armado. Según concluye el INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables), las edificaciones carecen de criterios de eficiencia energética en la fase previa a la ejecución (INER 2015).

Según los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) el 70,48% de las viviendas son de tipologías “casas o villas”, las cuales poseen un sistema constructivo en su mayoría conformado por: bloques de concreto o ladrillos, cemento en pisos, zinc o fibrocemento en las cubiertas. Dentro de la misma encuesta, se puede ver reflejado que esta elección de materiales no toma en cuenta aspectos sobre el confort ni sobre las condiciones



**Figura 3. Materiales con mayor uso en cada fase de la construcción en Ecuador.**

Fuente: INEC (2013).

La planificación arquitectónica convencional no llega a priorizar las interacciones del usuario con la vivienda y de la vivienda con su entorno, así como tampoco cual será el comportamiento térmico en el interior de la unidad asociado a los factores externos y el clima de un determinado territorio (Rivas, 2017).

Lo anteriormente expuesto sobre la elección de los materiales limita a su vez la aplicación de estrategias pasivas dentro de las viviendas que se proyectan; los materiales con poca adaptabilidad al contexto reducen las posibilidades de que las viviendas sean planificadas con condiciones que le permitan alcanzar la eficiencia energética. (Rivas, 2017).

La eficiencia energética tiene una íntima relación con las problemáticas medioambientales, sin embargo, también se relaciona con el bienestar de los usuarios (Rousseau, 2017; Samaniego, 2021). El concepto de eficiencia busca reducir el consumo energético manteniendo condiciones de confort térmico, visual y acústico adecuado a las personas que utilizan una edificación (Ferrini, 2021).

Los espacios van a afectar de manera positiva o negativa a la alteración de las emociones, la temperatura corporal, la presión sanguínea, y el ritmo cardíaco y la productividad. Esto va a estar determinado por la cantidad de tiempo que se permanece en un lugar y la calidad de los espacios para ofrecer confort en toda la extensión del término (de Paiva y Jedon, 2019).

Las consideraciones medioambientales, económicas, sociales y de bienestar del ser humano son un sistema integrado de temáticas que deben ser vistas de manera conjunta; los inconvenientes encontrados en cada área repercuten dentro de las otras. Las soluciones que se plantean desde una categoría deben permitir solucionar las problemáticas y generar mejoras en cada una de las áreas mencionadas (Torres, 2014).

## 2.1 Justificación

La necesidad de esta investigación radica en que, como sociedad, estamos atravesando un período de cambio en las condiciones climáticas que modifica la relación del ser humano con su entorno y desequilibra procesos naturales. La arquitectura, al ser la interfaz física entre los individuos y su ambiente, juega un papel fundamental en este escenario (Delmonte, 2018).

Asimismo, el sector de la construcción, incluyendo la arquitectura, es uno de los mayores contribuyentes a la crisis climática debido a su alto consumo de recursos y energía, así como a su participación en la emisión de gases de efecto invernadero (Alavedra et al., 1998; USAID, 2013).

La relevancia de este proyecto radica en que ofrece una oportunidad para reflexionar y reformular la forma en que concebimos y realizamos la producción arquitectónica. En este sentido, la investigación subraya la necesidad de orientar la producción arquitectónica hacia la implementación de criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y confort térmico en todas las etapas de diseño y construcción (Torres y Jaramillo, 2019).

De esta forma, se hace imperativo replantear la arquitectura y su relación con el entorno natural, considerando desde la elección de los materiales hasta el diseño y la planificación de las viviendas (Rivas, 2017). En este proceso, los parámetros de sostenibilidad deberán reflejarse en cada una de las decisiones de diseño que se tomen, con el objetivo de que la unidad habitacional logre una mayor eficiencia energética y un mayor confort térmico.

Es importante subrayar que la eficiencia energética y el confort térmico son fundamentales para la calidad de vida y bienestar de las personas. Una vivienda con un diseño inadecuado puede generar incomodidad, estrés térmico y un alto consumo energético para su climatización (Naranjo, et al., 2018). Por tanto, esta investigación pretende proporcionar soluciones que puedan contribuir a mejorar las condiciones de habitabilidad y la calidad de vida de las personas en la costa ecuatoriana.



## 2.2 Objetivos

### 2.2.1 Objetivo general

EVALUAR la efectividad de los patrones de diseño biofilico para el mejoramiento del confort y la eficiencia energética de una vivienda agro-productiva en una zona rural de la región costa en Ecuador.

### 2.2.2 Objetivos específicos:

DEFINIR los patrones de diseño biofilico de Stephen Kellert a emplearse en el proyecto.

SELECCIONAR metodologías que permitan la medición de la efectividad de cada uno de los patrones utilizados.

COMPARAR el desempeño de las estrategias dentro de un caso base y una propuesta de mejora.

## 3. Fundamentación teórica

### 3.1 Arquitectura sostenible

La sostenibilidad es una respuesta ante la necesidad de tener un mejor aprovechamiento de los recursos materiales y energéticos. La esencia del desarrollo sostenible parte de entender que las actividades humanas tienen una repercusión negativa sobre el medio ambiente, y sobre las generaciones futuras. (Ceylan, S., & Soygeniş, M. D. 2019).

Cada disciplina del conocimiento ve a la sostenibilidad desde una perspectiva particular, pero todas coinciden en mencionar que existen tres dimensiones de acción; ecológica, económica y social. (Chávez et al., 2022).

En el ámbito arquitectónico, varios autores tienen distintas aproximaciones a estas dimensiones. Según Kim, y Rigdon, (1998), la sostenibilidad debe priorizar los aspectos relacionados directamente con el entorno construido y las afectaciones sobre el ser humano; la economía de los recursos materiales, el ciclo de vida de las edificaciones y el diseño enfocado en el usuario.

Por otra parte, para Kohler (1999) estas dimensiones deben tener un carácter multidisciplinar; es decir, si bien el enfoque principal de la arquitectura sostenible debe ser el aspecto arquitectónico, evidencia cuán necesario es que se abarque otras disciplinas y se complementen para obtener soluciones más efectivas, tomando en cuenta aspectos de las edificaciones, pero también las del entorno y su contexto.

Ambos autores resaltan la importancia del carácter ambiental, social y económico, dentro de la arquitectura, coinciden en lo vital del desarrollo del ser humano y las actividades que realizan dentro de un contexto determinado. Sin embargo, Kohler aporta y desarrolla un enfoque en donde la arquitectura sostenible es una teoría integradora de disciplinas y estrategias que llevarán a tomar decisiones que beneficien de manera más efectiva a una comunidad.



Figura 4. Dimensiones del desarrollo sostenible  
Fuente: Kohler (1999).

## 3.2 Eficiencia Energética

Continuando con la línea del carácter multidisciplinar de la arquitectura sostenible, se nos presenta un escenario donde existen ciertos aspectos a tomar en cuenta. Uno de ellos es la eficiencia energética, que en su concepción más amplia lo que pretende es reducir el consumo energético, manteniendo los servicios que presta. Para la arquitectura esto se traduce en la reducción de la energía que se utiliza en toda la cadena de producción de una edificación (Poveda, 2007).

Para Wadel (2010), este consumo de energía se puede agrupar en dos clases; aquel consumo generado por los procesos de industrialización de los materiales que se emplean en la construcción de las edificaciones, y aquel que deviene de la edificación ya materializada como la utilización de energía eléctrica y agua potable. Ambas clases nos muestran la importancia de la correcta toma de decisiones en la etapa de diseño de un proyecto arquitectónico.

Respecto a la elección de materiales, si bien se puede tener un conocimiento más o menos desarrollado sobre la importancia de emplear cierto tipo de material, es una

decisión que está intrínsecamente ligada a la valoración económica de los sistemas y materiales constructivos. El arraigo al factor económico evidencia la necesidad de incluir aspectos ambientales en la proyección de los costes de una edificación (Rivero et al., 2018).

Por otro lado, el consumo energético de las construcciones ya existentes va a estar directamente relacionado con la calidad de los espacios arquitectónicos generados; la frecuencia de uso de iluminación artificial o de unidades de aire acondicionado y calefacción dependerá de la capacidad de las edificaciones para mantener condiciones de confort en su interior (Rivero et al., 2018).

En base a lo expuesto, se justifica la relevancia que toma la aplicación de estrategias de sostenibilidad que cumplan con la dimensión ecológica, económica y social con la finalidad de reducir los impactos nocivos del sector de la construcción, alcanzando la eficiencia energética y generando ambientes con niveles de confortabilidad adecuados.

Tabla 4. Gasto Energético de materiales convencionales.

GASTO ENERGÉTICO			
Material	MJ / M3	Material	MJ / M3
Piedra local	2030,00	Asfalto	7140,00
Poliestireno expandido	2340,00	Cemento	15210,00
Concreto	3890,00	Poliuretano	44400,00
Ladrillo cerámico	5170,00	Polipropileno	57600,00
Teja comercial	5250,00	PVC	93620,00
Madera contrachapada	5720,00	Acero	274570,00

Fuente: Hernández-Zamora, (2013).

### 3.3 Confort

El confort como concepto en su más amplio significado se define como la condición de completo bienestar físico, mental y social de un individuo en relación con los factores acústicos, térmicos, de iluminación y del paisaje de su alrededor.

Esta percepción que se tiene del ambiente está determinada por factores endógenos, como las características físicas de los individuos (edad, sexo etnia, características fisiológicas, estado de ánimo) así como los factores exógenos del entorno (color y tipo de vestimenta, nivel de arropamiento, temperatura del aire, niveles lumínicos, húmedas, ruidos, olores, entre otros), (Vigo M. 2010). Un nivel de confort adecuado se alcanza cuando la temperatura de la piel se encuentre en el rango de 31,5°C y 34,5°C, a su vez, la temperatura corporal debe ubicarse entre 36,5°C y 37°, (Cengel 1998).

Las condiciones anteriormente mencionadas provocan que exista una dificultad en el momento de generar un estándar que sea completamente preciso, por lo cual son varios autores los que han tratado de generar límites de las condiciones en las cuales una persona se siente confortable.

Los principales factores que se utilizan como parámetros son la temperatura y la humedad. Todas estas experiencias son resumidas en tablas y cuadros que pretenden delimitar las áreas de confort, así como también indican estrategias para el convertir condiciones desfavorables en favorables. (Vigo M. 2010).

Por su parte Mahoney (1972) propone un modelo de tablas donde tomando los datos de precipitación, humedad y temperatura se genera una aproximación general a la idea de confort, lo que permite que sean utilizadas en distintas latitudes sin importar la variación de condiciones.

Su método se compone de cuatro fases; un análisis de datos meteorológicos, la comparación de datos con “zonas de confort”, la identificación de indicadores (altas y bajas) y finalmente la definición de pautas de diseño. Esta propuesta de análisis pretende mejorar las condiciones de confort evitando el consumo desmedido de energía o el uso de sistemas artificiales de control de temperatura (Evans J. 2000).



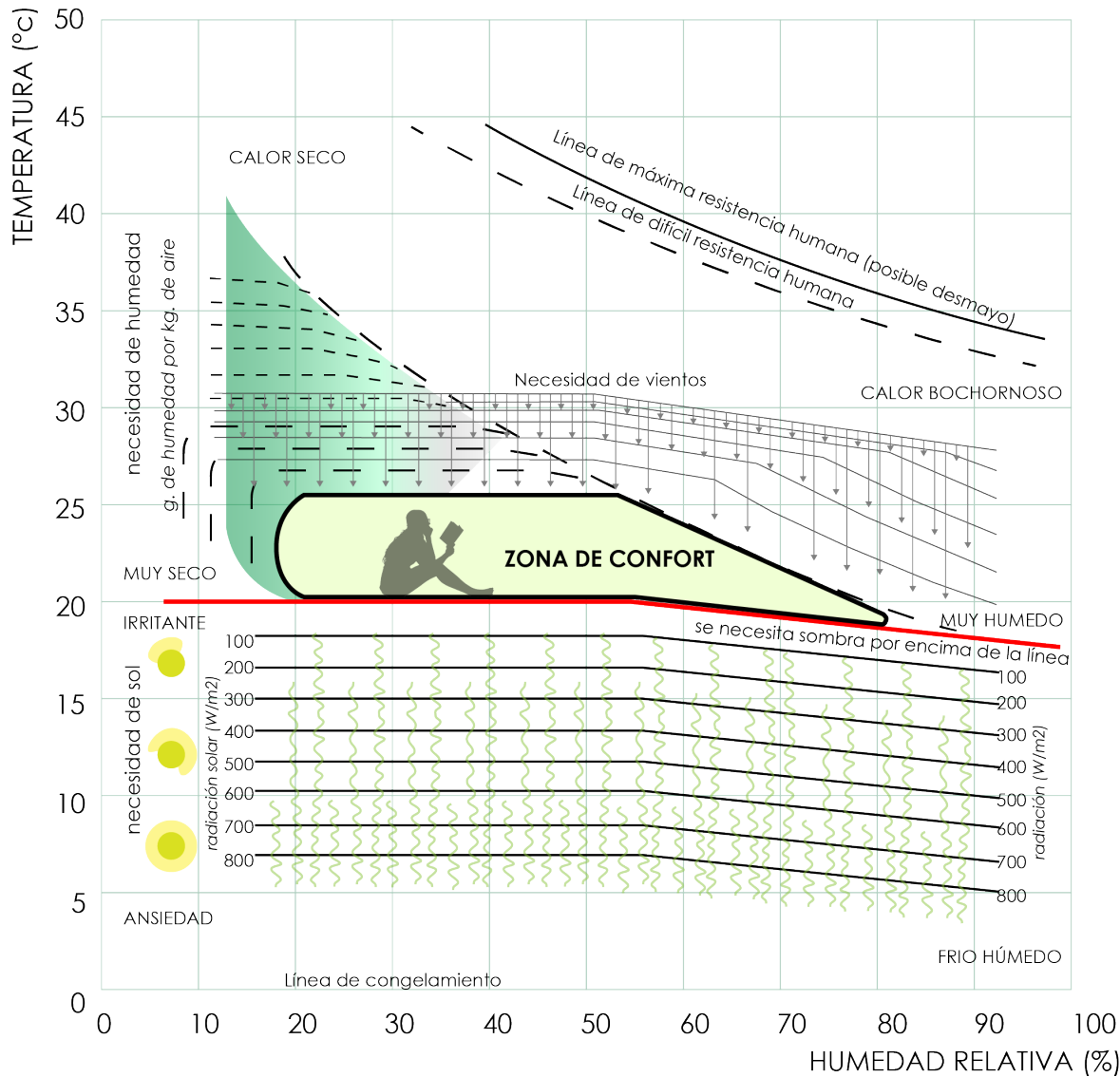


Figura 5. Gráfico de Confort.  
Fuente: Gonzalo (2004).

### 3.4 Stephen Kellert

Nacido el 2 de marzo de 1943 en Brooklyn, Nueva York, Stephen R. Kellert se convirtió en un ecologista y científico social de gran relevancia, particularmente reconocido por su contribución a la teoría de la biofilia.

La teoría de la biofilia, un término acuñado por Edward O. Wilson (1980) fue desarrollada con más profundidad en la arquitectura por Kellert en la década de 1990. Según esta teoría, los seres humanos tienen una conexión hacia la naturaleza, una relación evolucionada durante millones de años que es esencial para nuestra salud y bienestar. Kellert delineó nueve “valores biofílicos”, que abarcan las distintas formas en que los seres humanos interactúan con la naturaleza y cómo esas interacciones influyen en nuestro bienestar (Kellert, 1997).



Figura 6. Conexión con la naturaleza.  
Fuente: Elaboración Propia (2023)

El Premio Stephen R. Kellert de Diseño Biofílico reconoce el legado de Stephen como pionero en la articulación y aplicación de los principios de diseño biofílico al entorno construido. Su defensa ha alentado la adopción generalizada de la práctica del diseño para la Conexión humano-naturaleza. El Premio es un reconocimiento a los logros en el entorno construido, incluidos edificios, interiores y comunidades, que demuestran los principios y beneficios del diseño biofílico.

#### **Kinship to Mastery: Biophilia in Human Evolution and Development (1997)**

Kellert examina la biofilia desde una perspectiva evolutiva y de desarrollo humano. Presenta la hipótesis de que la necesidad humana de relacionarse con la naturaleza y otras formas de vida es el resultado de la evolución biológica, y que dicha conexión es fundamental para el desarrollo humano completo. Kellert examina cómo la conexión con la naturaleza puede influir en áreas como la psicología, la salud física, el desarrollo infantil, la educación y el bienestar. Los nueve “valores biofílicos” (utilidad, belleza, simbolización, humanización, miedo, exploración y afiliación), exploran las formas en que los seres humanos interactúan y se relacionan con la naturaleza (Kellert, 1997).

#### **The Biophilia Hypothesis (1993)**

En este libro, Kellert y Wilson recopilan una serie de ensayos de varios expertos sobre el concepto de biofilia. Aquí, la hipótesis de la biofilia se explora desde múltiples perspectivas, incluyendo psicología, filosofía, evolución, comportamiento animal y más. Los ensayos exploran el papel de la biofilia en nuestras vidas y en la sociedad y cómo la humanidad puede trabajar para preservar la naturaleza y proteger la biodiversidad (Kellert y Wilson,

### 3.5 Biofilia

El término biofilia, del griego “bios” (vida) y “filia” (amor), fue utilizado por primera vez en la psicología por el psicoanalista Erich Fromm en 1964 para describir una atracción psicológica hacia todo lo que está vivo en su libro *el corazón del hombre* (Fromm, 1964). Sin embargo, fue Edward O. Wilson, un biólogo y teórico de la conservación, quien popularizó la idea en su libro “*Biophilia*” de 1984, donde propuso que los seres humanos tienen una afinidad innata con la naturaleza y todo lo vivo (Wilson, 1984). Sin embargo, los escritos de Stephen Kellert nos ayudan a comprender mejor la biofilia en el ámbito de la arquitectura y cómo podemos relacionarla o integrar elementos naturales a nuestro entorno construido en su libro *Nature by Design: The Practice of Biophilic Design* (Kellert, 2008). Nos proporciona una guía a través de los 14 patrones de diseño biofílico.

Los beneficios de la biofilia son variados y significativos. Numerosos estudios han demostrado que la exposición a entornos naturales puede reducir el estrés, mejorar la salud mental y física, aumentar la productividad y la creatividad, y promover la curación (Frumkin et al., 2017). Estos beneficios se han aplicado en una amplia gama de campos, desde la psicología hasta la arquitectura y el diseño urbano, fomentando la creación de “espacios verdes” y entornos de trabajo biofílicos.

En biología, la hipótesis de Wilson ha impulsado investigaciones sobre cómo nuestra evolución como especie en entornos naturales ha influido en nuestras preferencias y comportamientos actuales. Se han realizado estudios sobre la preferencia humana por los paisajes que contienen agua o vegetación, que podrían ser restos de nuestro pasado evolutivo en el que estos elementos eran vitales para la supervivencia. (Kaplan, 1989).

En el ámbito de la psicología ambiental ha sido un área particularmente rica para los estudios de biofilia. Los psicólogos han examinado cómo la exposición a entornos naturales puede afectar nuestro estado de ánimo, nuestra capacidad de concentración y nuestro bienestar general. Por ejemplo, Kaplan (1989) teorizó que la interacción con entornos naturales puede tener un efecto “restaurador” en nuestras mentes, ayudándonos a recuperarnos del agotamiento mental y a restaurar nuestra capacidad de atención.

Recientemente, los beneficios terapéuticos de la biofilia han sido objeto de estudio en el campo de la medicina. Por ejemplo, algunos hospitales han comenzado a incorporar jardines y otros espacios naturales en sus diseños con la idea de que estos entornos pueden ayudar a los pacientes a recuperarse más rápidamente (Kellert et al., 2008).

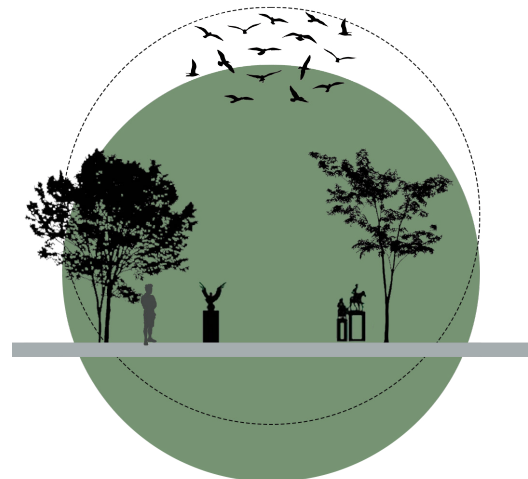


Figura 7. Entorno naturales.  
Fuente: Elaboración Propia (2023).

### 3.6 Biofilia en la Arquitectura: Más Allá de la Integración de la Naturaleza

Ante la necesidad de una arquitectura que responda a las tres dimensiones de sostenibilidad, es imperante realizar una revisión de teorías y conceptualizaciones que representen una alternativa a las condiciones actuales. Planteada por Wilson (1984), desarrollada a profundidad por Kellert (2011), la biofilia se presenta a si misma como un conjunto de estrategias capaces de mejorar las conexiones entre el entorno construido y su contexto, así como también el bienestar, confort y salud de los usuarios de un espacio determinado (Torrontegui, A. 2020)

En la arquitectura contemporánea, la biofilia se realiza como un elemento esencial que refuerza la simbiosis entre los espacios humanos y la iluminación de la naturaleza. En su plenitud, las ideas pioneras de Edward O. Wilson y Stephen R. Kellert convergen, presentando un enfoque donde el diseño arquitectónico va más allá de la mera estética, abrazando la naturaleza para promover el bienestar humano.

Según Wilson (1984, p34), la biofilia es “el deseo innato de asociarse con la naturaleza y otras formas de vida”. Su teoría sugiere que los humanos tienen una afinidad innata hacia la naturaleza y los sistemas vivos. Esta conexión se ha desarrollado a lo largo de la evolución humana y tiene beneficios tanto físicos como psicológicos. En el contexto de la arquitectura, la teoría de Wilson implica la incorporación de elementos naturales en el diseño de edificios, como la luz natural, las plantas y el agua, para promover una mayor salud y bienestar.

Kellert (2011), un defensor del diseño biofílico amplió las ideas de Wilson en la arquitectura. Kellert argumentó que los edificios deben diseñarse no solo para incorporar la naturaleza física, sino también para reflejar las formas y patrones naturales. Esto podría incluir el uso de materiales naturales, la creación de espacios que fluyen naturalmente y la incorporación de imágenes y formas de la naturaleza en los diseños de los edificios.



Figura 8. Ganador del premio Stephen Kellert (2019)  
Heart of School at Green School. 2019.



Figura 9. Ganador del premio Stephen Kellert (2021)  
Galería de Centro Maggie en Leeds / Heatherwick Studio - 5, s. f.

Aunque las teorías de Wilson y Kellert provienen de la misma raíz, se centran en diferentes aspectos de la biofilia en la arquitectura. Wilson se centra en la necesidad humana de conexión con la naturaleza y cómo esto puede promover la salud y el bienestar. Kellert, por otro lado, se centra más en cómo los edificios pueden diseñarse para reflejar y fomentar una conexión más profunda y continua con la naturaleza.

Ambas teorías enfatizan la importancia de la integración de la naturaleza en la arquitectura, pero Kellert proporciona un marco más detallado y aplicable para lograr esto en el diseño de edificios que lo describe en su libro “Biophilic Design” donde nos habla de los 14 principios biofílicos. Sin embargo, la visión de Wilson sigue siendo fundamental para entender por qué la biofilia es importante en la arquitectura en primer lugar.

Tabla 5. Patrones de diseño biofílico

PATRONES DE DISEÑO BIOFÍLICO		
CONTACTO DIRECTO CON LA NATURALEZA	PATRONES Y ANALOGÍAS NATURALES	ESPACIO, LUGAR Y CULTURA
1. Conexión Visual con la Naturaleza	7. Formas y Patrones Orgánicos	10. Refugio
2. Conexión NO Visual con la Naturaleza		11. Panorama
3. Variaciones Térmicas y de Corriente de Aire	8. Materiales, Color y Texturas Naturales	12. Complejidad y Orden
4. Luz Dinámica y Difusa		
5. Presencia de Agua	9. Percepción del Tiempo y Movimiento	13. Misterio
6. Conexión con Sistemas Naturales		14. Riesgo / Peligro

Fuente: Elaboración Propia (2023)

### 3.7 La aplicación de la teoría biofílica en el ámbito residencial

El amor innato por la naturaleza y los sistemas vivos, conocido como biofilia, ha encontrado su lugar en la arquitectura y el diseño de interiores. Este ensayo compara y contrasta los enfoques de Judith Heerwagen (2008) y Terrapin Bright Green (2014) hacia la biofilia en el diseño de viviendas, demostrando cómo estos enfoques pueden ser complementarios y ofrecer una visión más completa del papel de la biofilia en el bienestar humano. Heerwagen y Terrapin Bright Green han reconocido la importancia de la biofilia en la creación de un ambiente doméstico saludable y satisfactorio. Argumentan que elementos como la luz natural, vegetación, vistas al aire libre y patrones naturales pueden mejorar la vivencia del espacio (Heerwagen, 2008, 2009; Terrapin Bright Green, 2014).

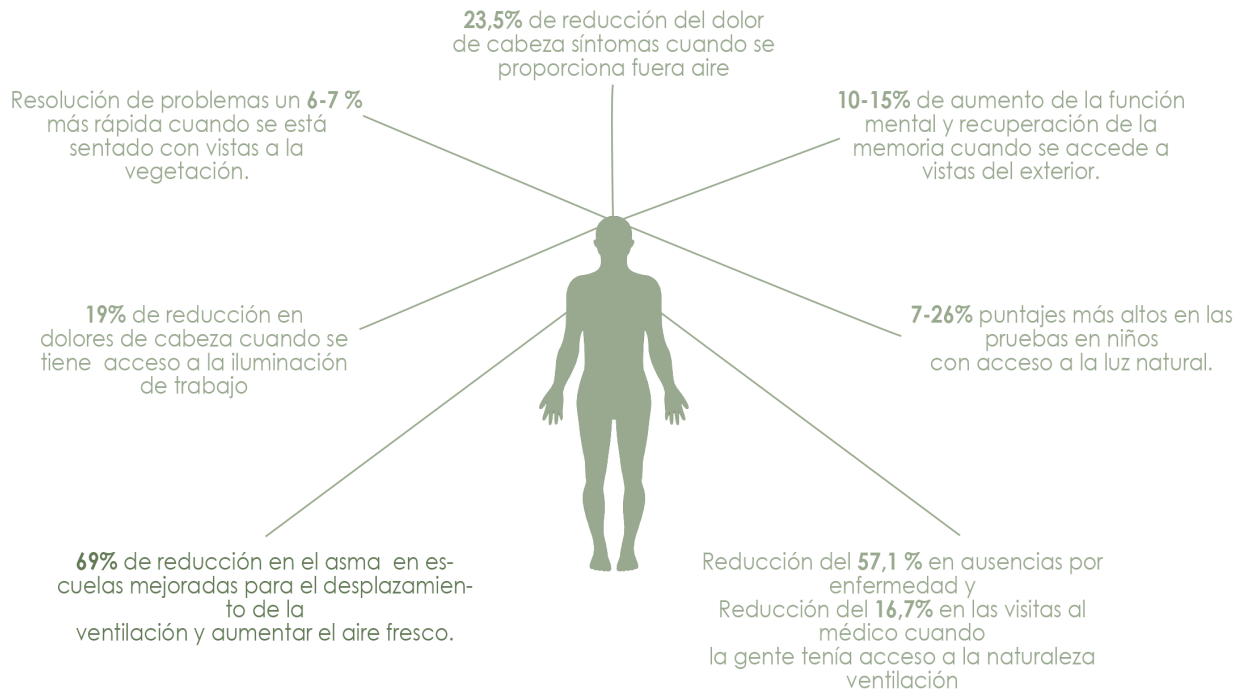
El enfoque de Heerwagen se centra en cómo los elementos biofílicos individuales pueden suscitar respuestas emocionales y mejorar el bienestar general. Para ella, los espacios biofílicos pueden contribuir a la reducción del estrés y a la promoción de la felicidad, y destaca la relevancia evolutiva de estos elementos en nuestra relación con la naturaleza (Heerwagen, 2009).

Por otro lado, Terrapin Bright Green ofrece un marco estructurado de 14 patrones de diseño biofílico, divididos en tres categorías: naturaleza en el espacio, analogías a la naturaleza y la naturaleza del espacio. Este enfoque detallado proporciona un camino más concreto para la incorporación de la biofilia en el diseño arquitectónico (Terrapin Bright Green, 2014).

Al analizar más detenidamente estos enfoques, vemos que Heerwagen y Terrapin Bright Green ofrecen visiones complementarias de la biofilia. Mientras que Heerwagen se centra en las experiencias emocionales individuales y el bienestar subjetivo derivado de la conexión con los elementos naturales, Terrapin Bright Green proporciona un marco más prescriptivo y tangible que puede ser directamente aplicado en el diseño arquitectónico.

Ambos enfoques tienen su valor. El enfoque de Heerwagen nos recuerda la importancia de las experiencias emocionales y subjetivas en nuestra interacción con los espacios, y cómo los elementos naturales pueden fomentar la salud y el bienestar emocional. Terrapin Bright Green, por otro lado, ofrece un marco práctico para los diseñadores y arquitectos, permitiéndoles incorporar la biofilia en sus proyectos de una manera más sistemática y estructurada.

La biofilia ofrece un camino prometedor para el diseño de viviendas centradas en el humano. Las teorías y prácticas de Heerwagen y Terrapin Bright Green ofrecen valiosas perspectivas sobre cómo podemos aprovechar nuestra conexión inherente con la naturaleza para mejorar el bienestar en el hogar. Un entendimiento integral de estos enfoques puede ayudarnos a diseñar espacios de vida que no sólo sean estéticamente agradables, sino también promuevan la salud y la felicidad.



**Figura 10. Beneficios sobre la salud de la aplicación de Biofilia.**

Fuente: ILFI (2019)

## PATRONES DE DISEÑO BIOFÍLICO

### NATURALEZA EN EL ESPACIO



1. Conexión Visual con la Naturaleza



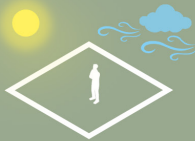
2. Conexión NO Visual con la Naturaleza



3. Presencia de Agua



4. Luz Dinámica y Difusa



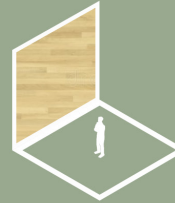
5. Variaciones térmicas y de corriente de aire



6. Conexiones con sistemas naturales

## PATRONES DE DISEÑO BIOFÍLICO

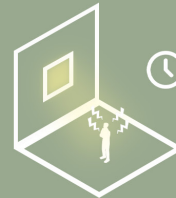
### PATRONES Y ANALOGÍAS



7. Formas y Patrones Orgánicos



8. Materiales, Color y Texturas Naturales



9. Percepción del Tiempo y Movimiento

Figura 11. Patrones de diseño biofílico categoría 1.

Fuente: Elaboración Propia (2023)

Figura 12. Patrones de diseño biofílico categoría 2.

Fuente: Elaboración Propia (2023)



## PATRONES DE DISEÑO BIOFÍLICO

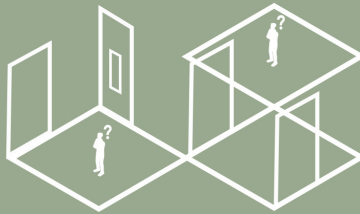
### ESPACIO, LUGAR Y CULTURA



10. Refugio



11. Panorama



12. Complejidad y  
Orden



13. Misterio



14. Riesgo / Peligro

**Figura 13. Patrones de diseño biofílico categoría 3.  
Fuente: Elaboración Propia (2023)**

## **ETAPA 2**

### **Aplicación metodológica**



## 4. Materiales y Métodos

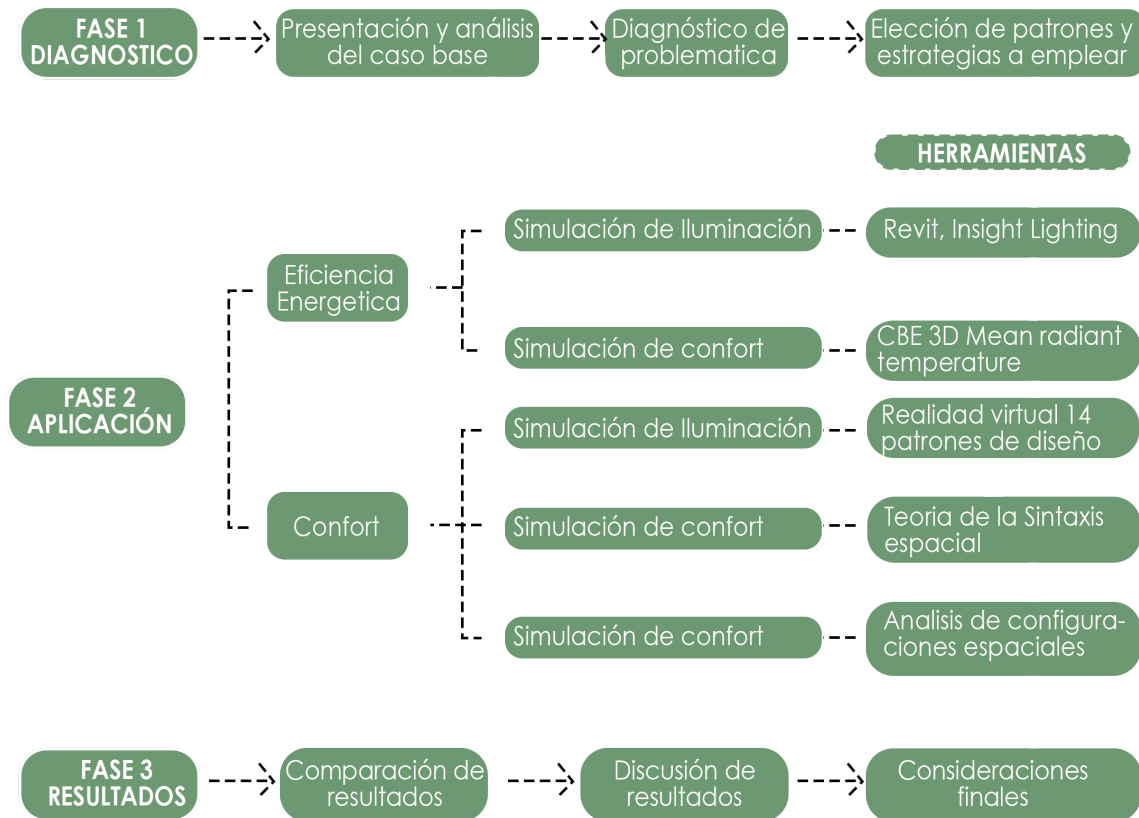


Figura 14. Estructura de las fases metodológicas.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

## 4.1 Fases

El presente trabajo investigativo tiene un enfoque mixto desarrollado en 3 fases; en la primera fase denominada Diagnóstico, se implementará una metodología de tipo cualitativa con la finalidad de caracterizar los casos de estudio y diagnosticar sus problemáticas, obteniendo un análisis interpretativo. La segunda fase se denominará de Aplicación, debido a que se seleccionarán metodologías de tipo cuantitativas que nos permitan evaluar características puntuales de los casos los casos de estudios con la finalidad de obtener información numérica precisa y concluyente (Sampieri et al., 1991). Finalmente, en la fase de Resultados se presentará la información obtenida de las anteriores fases para generar una comparación de resultados de los casos de estudio.

### Fase de Diagnóstico

Esta fase pretende definir los patrones de diseño biofílico de Stephen Kellert a emplearse en el proyecto (Kellert, 2011). Para cumplir con el objetivo se proponen 3 etapas; para la primera se toma como punto de partida un caso de estudio al cual se denominará “caso base”, en el cual se va a determinar sus características contextuales (ubicación, factores climáticos, contexto social, características arquitectónicas) a través de un análisis de sitio (Gallardo, 2014).

Posteriormente, se realizará un diagnóstico de las condiciones arquitectónicas, así como también del contexto social y ambiental con la finalidad de determinar las problemáticas que están presentes en el caso de estudio (Gallardo, 2014). Para culminar la primera fase, con la definición de las problemáticas latentes en el caso de estudio se determinará cuales serán aquellas a abordar en una propuesta de mejora donde se utilizarán los patrones de diseño biofílico como estrategias para el mejoramiento de las condiciones actuales.

Como resultado de la primera fase se obtendrán laminas resumen del caso de estudio y sus condicionantes, así como también información técnica detallada del caso de estudio la propuesta de mejora. Las herramientas que se emplearán son Autodesk AutoCAD, Autodesk Revit, ArcGIS Pro, SketchUp, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop.

### Fase Experimental

La segunda fase se va a encargar de cumplir el Objetivo 2, que plantea la selección de metodologías que permitan la medición de la efectividad de cada uno de los patrones utilizados. Para el desarrollo de esta fase se tomó en consideración los patrones de biofilia utilizados y se los categorizó en aquellos que permiten mejorar el confort, y aquellos que aportan en el mejoramiento de la eficiencia energética. (Koutsolampros et al., 2019).

Tomando en cuenta la naturaleza de la investigación, se utilizó la metodología descrita por Yaseen y Mustafa (2023), en donde se detalla el procedimiento para valorizar la calidad de los espacios en referencia a los distintos patrones de biofilia que propone Kellert, utilizando la teoría de la Sintaxis Espacial como principal fundamento teórico. Conjunta a esta, se empleará la Escala de Restauración Percibida para obtener datos cuantitativos sobre la percepción de potenciales usuarios de los espacios arquitectónicos, en contraposición con datos de un software de atención visual. (Berto, et al., 2022). Adicional a esta, se utiliza la metodología propuesta por Gonzalez y Bornati (2022), la cual a través de simulaciones mide parámetros relacionados con objeto arquitectónico y los factores ambientales.

Como resultado al finalizar la fase Experimental, se obtendrá una base de datos con cada uno de los parámetros de medición, la cual nos facilitará el análisis de la información a través de tablas y gráficos estadísticos. Para llevar a cabo esta fase se utilizarán herramientas como Autodesk AutoCAD, Autodesk Revit, ArcGIS Pro, SketchUp, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Microsoft Excel, DepthMapX.

### **Fase de Resultados**

Como tercera fase metodológica, se completará el Objetivo 3, el cual va a comparar el desempeño de las estrategias dentro del caso base y una propuesta de mejora. Posterior a completar la Fase Experimental de la Investigación, como resultado se obtendrán bases de datos de cada uno de los casos de estudio, esta información estadística será depurada y ordenada con la finalidad de realizar una comparación de la información a través de tablas, diagramas, infografías, y otros instrumentos que nos permitan representar de manera clara los resultados obtenidos después del análisis de los patrones de diseño.

## **4.2 Fase Diagnóstico**

### **Condicionantes físicas y climatológicas**

El caso de estudio se encuentra ubicado en la parroquia rural del La Guayas, cantón El Empalme, perteneciente a la provincia del Guayas en la región costa del territorio ecuatoriano. El sitio tiene condicionantes de tipo biofísico, geológico, climático y social que son de relevancia para entender la situación contextual en donde se encuentra nuestro proyecto arquitectónico de estudio.

Respecto al relieve, el cantón EL Empalme está dividido en dos unidades ambientales distintas; la Llanura Aluvial que ocupa el 84,4% del territorio, mientras que los Relieves Estructurales y Colinados tiene un 11,5% de ocupación. El porcentaje restante se divide en zonas urbanas y cuerpos de agua (GAD cantón El Empalme, 2015).

El 82,93% de la superficie total del cantón se encuentra cubierta por cultivos, especialmente pastizales (33,16%), maíz (27,59%) y cacao (22,17%). El resto del porcentaje de la ocupación del suelo está dividido en cultivos de menor relevancia para la economía local, así como en zonas pobladas (IEE/SIGAGRO, 2010).

Las pendientes predominantes en el cantón se encuentran entre suaves y planas, llegando a alcanzar casi la mitad del territorio (47,7%), las pendientes medias a fuertes alcanzan un 25,04% de la superficie, mientras que el 22,60% lo tienen aquellas pendientes que se consideran fuertes a muy fuertes (IEE/SIGAGRO, 2010).

La temperatura anual del cantón en promedio se encuentra entre los 25°C a 26°C, donde los meses más calurosos son los comprendidos entre enero y abril, los cuales a su vez son aquellos con mayores precipitaciones. Las precipitaciones anuales varían en un rango entre los 1500 a 2300 milímetros de lluvia, siendo el promedio anual los 1800 milímetros. Los vientos predominantes durante la etapa lluviosa son aquellos que vienen del Suroeste, con valores en un rango entre 0,5 y 2 m/seg. (GAD cantón El Empalme, 2015).

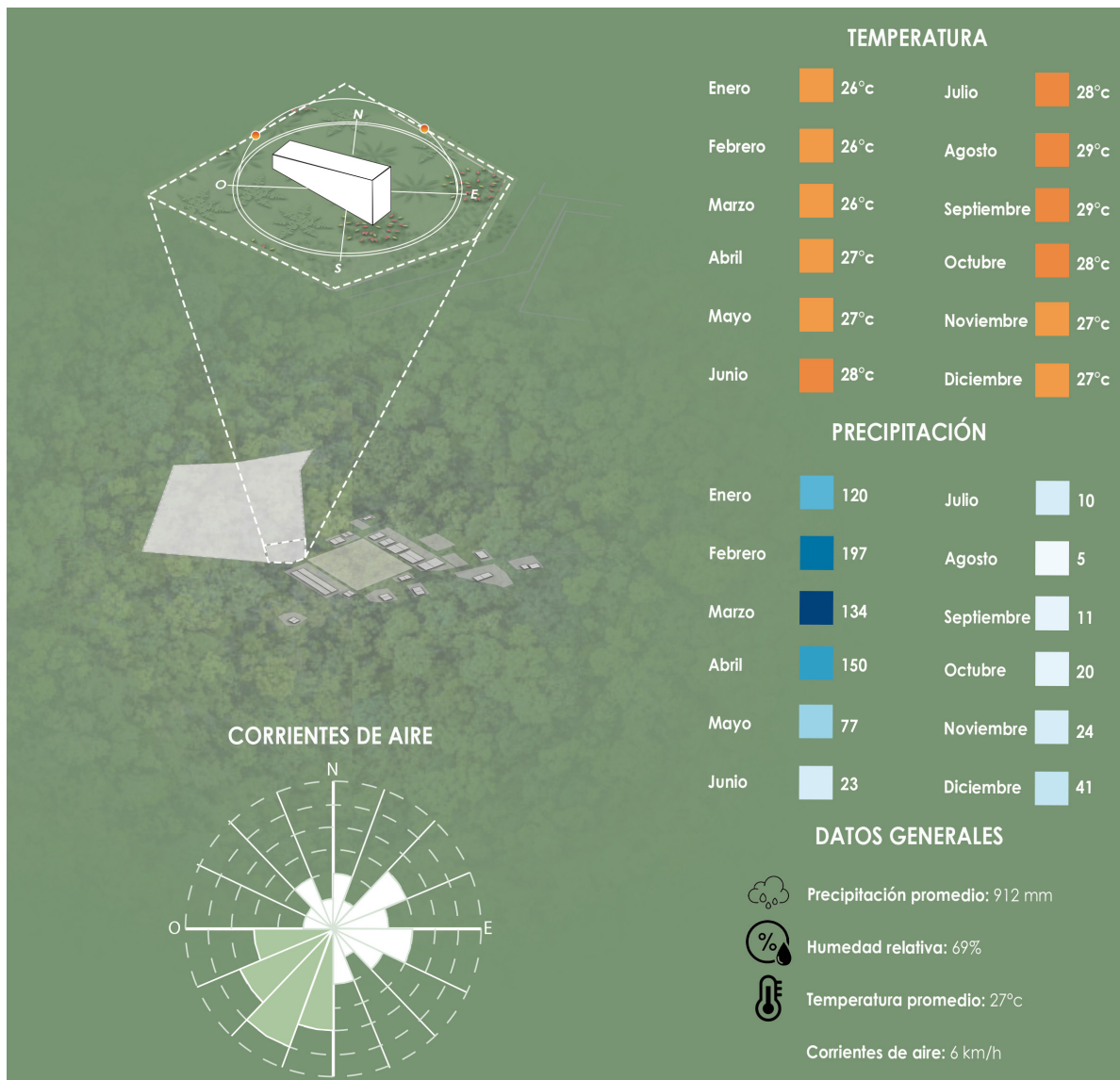


Figura 15. Gráfico resumen de las condiciones climáticas.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

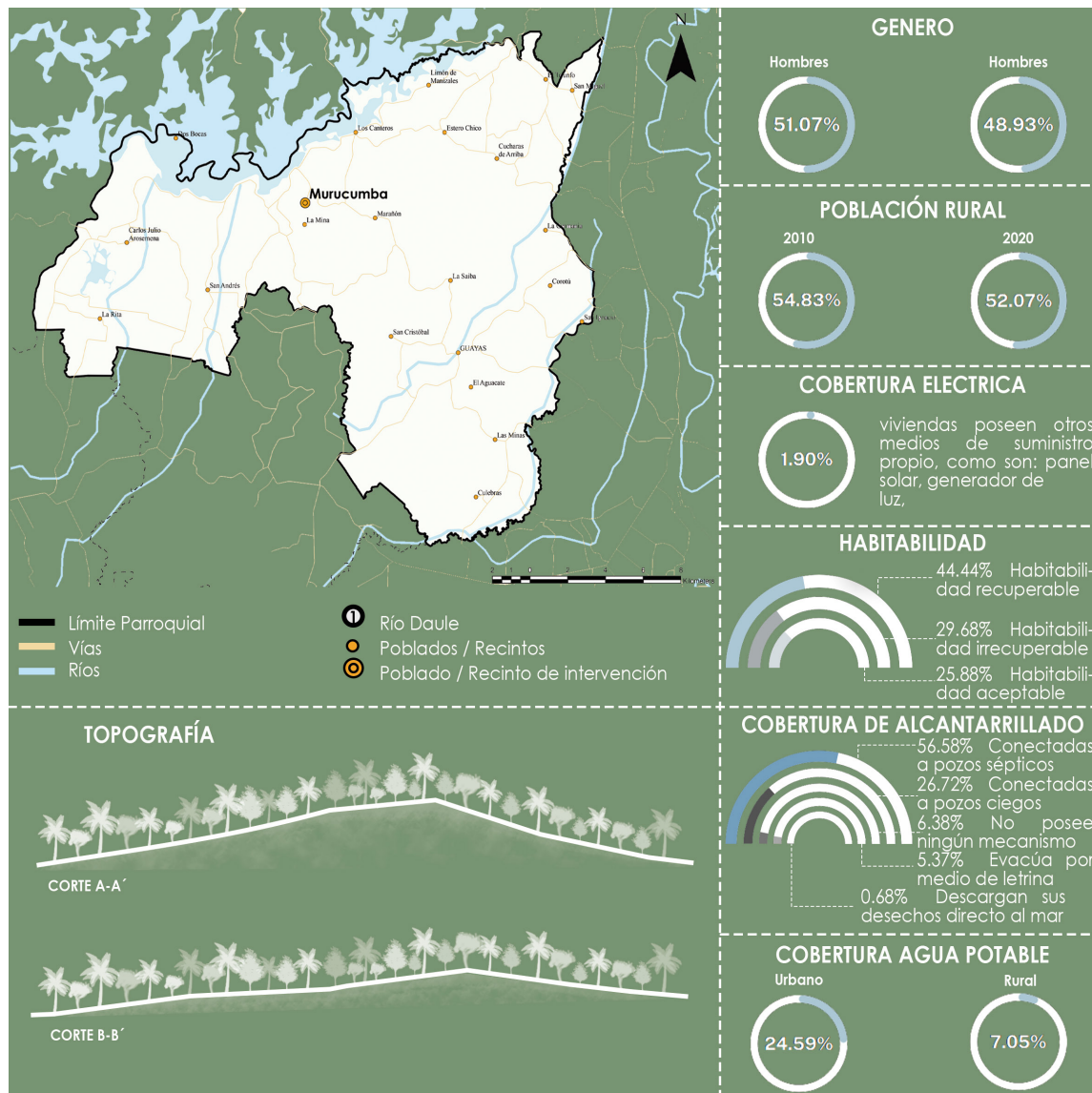


Figura 16. Gráfico resumen de las condiciones geográficas y sociales.  
Fuente: Elaboración propia (2023).



## Información Técnica del Caso Base



**Figura 17. Implantación caso base.**  
Fuente Elaboración propia (2023).

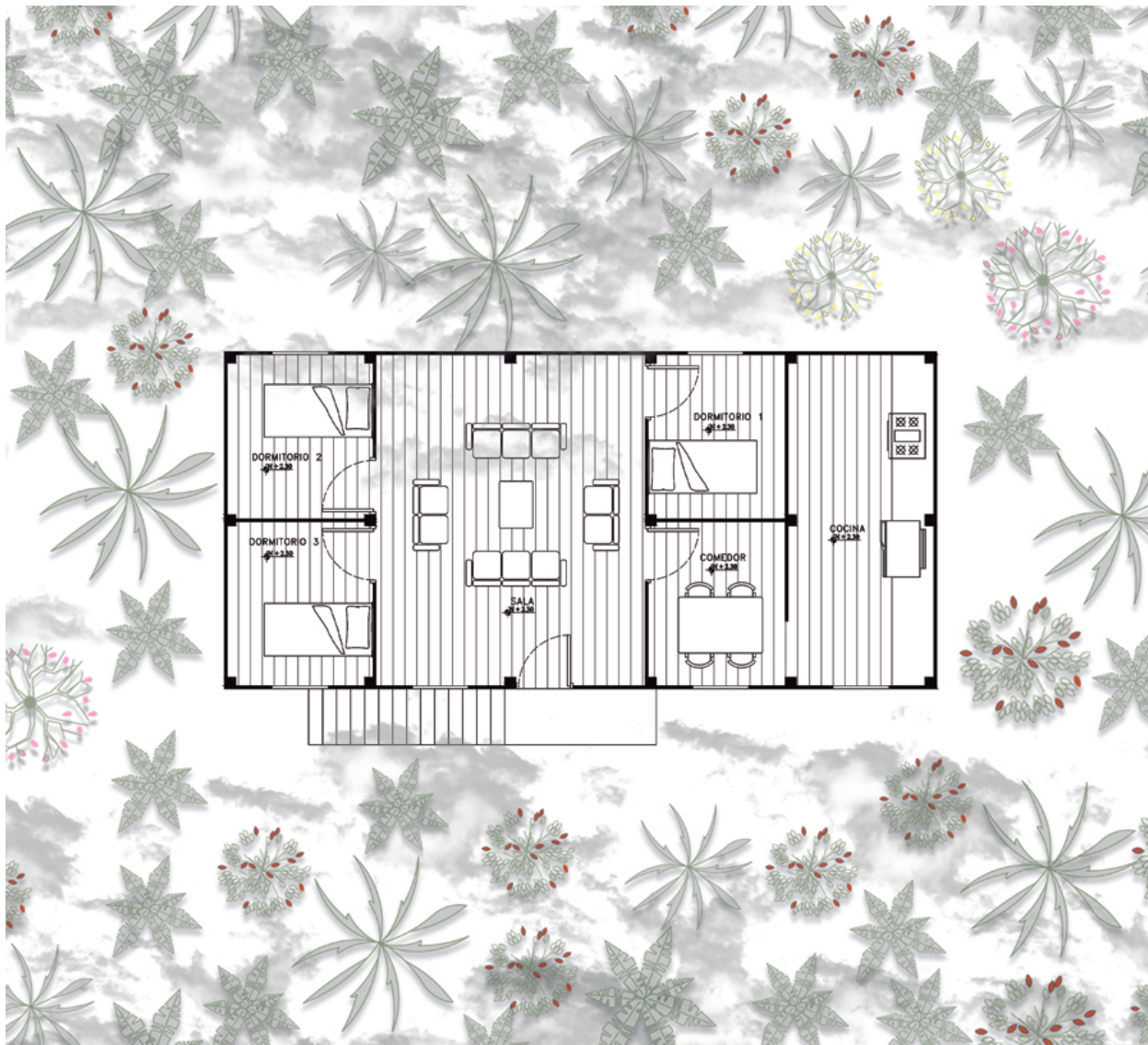


Figura 18. Planta Baja caso base.  
Fuente Elaboración propia (2023).

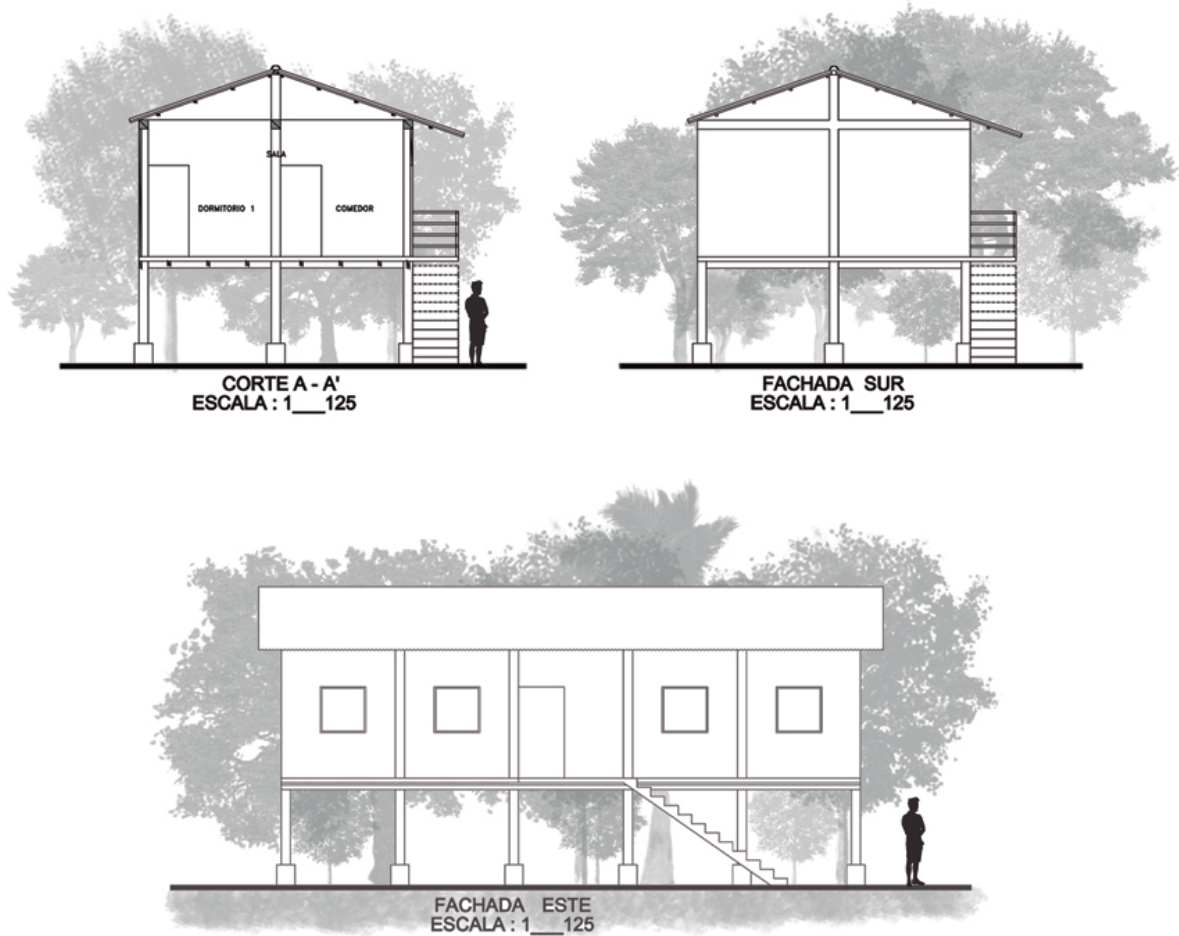


Figura 19. Secciones y fachadas caso base.  
Fuente Elaboración propia (2023).



**Figura 20. Render exterior caso base.**  
**Fuente Elaboración propia (2023).**



**Figura 21. Render interior caso base.**  
**Fuente Elaboración propia (2023).**



**Figura 22. Render interior caso base.**  
**Fuente Elaboración propia (2023).**

## Problemáticas

La problemática encontrada en el caso base ha sido categorizada en tres áreas distintas: Clima, Social/Usuario y Arquitectónico. El objetivo de esta categorización es evaluar los aspectos negativos de la vivienda desde múltiples perspectivas, a fin de obtener un enfoque más amplio respecto al caso base que se está analizando.

“**Clima**”, se ha observado que durante los meses de febrero, marzo y abril existe un incremento significativo en el índice de precipitaciones, lo cual ocasiona inundaciones en la región. Además, en los meses de agosto y septiembre se presenta una notable elevación de la temperatura, generando problemas significativos en el confort térmico de la vivienda.

“**Social/Usuario**”, se evidencia que, a pesar de encontrarse en un entorno natural, los habitantes carecen de

una conexión adecuada con la naturaleza. A lo largo del año, se experimenta un notable malestar térmico y, debido a su ubicación en una región rural, la vivienda carece de servicios públicos.

“**Arquitectónico**”, se han identificado los siguientes problemas: la deficiente apertura de las ventanas impide una óptima ventilación y la posibilidad de disfrutar del entorno exterior. La disposición espacial de la planta arquitectónica permite la existencia de áreas consideradas como espacios privados, sin embargo, carece de un filtro que separe adecuadamente estas áreas de los espacios públicos.

Además, la selección de los materiales utilizados en la construcción de la vivienda no es óptima ni amigable con el entorno. Siendo catalogada como una residencia de carácter agro-productivo, carece de espacios que atiendan adecuadamente dichas necesidades.

Tabla 6. Gráfico resumen de las condiciones geográficas y sociales.

Problema	CLIMA		SOCIAL / USUARIO		ARQUITECTÓNICO	
	Código	Problemática	Código	Problemática	Código	Problemática
Problema 1	C1	Durante los meses de febrero, marzo y abril, se observa un incremento significativo en el índice de precipitaciones, lo cual conduce a la ocurrencia de inundaciones en la región.	U1	A pesar de encontrarse inmerso en un entorno natural, la persona carece de una conexión con la naturaleza.	A1	La deficiente apertura de las ventanas obstaculiza una óptima ventilación y observación del entorno exterior.
Problema 2	C2	Durante los meses de agosto y septiembre, se observa una notable elevación de la temperatura, lo cual tiene problemas significativos en el confort térmico.	-	-	A2	La disposición espacial de la planta arquitectónica permite la existencia de áreas que son consideradas como espacios privados, no obstante, carece de un filtro que separe estas áreas con espacios públicos.
Problema 3	-	-	-	-	A3	Siendo clasificado como una residencia de carácter agro-productivo, carece de espacios que atiendan adecuadamente dichas necesidades.
Problema 4	-	-	-	-	A4	La selección de los materiales empleados en la construcción del caso base carece de una conexión con el entorno.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

## Estrategias de Diseño

Con el propósito de enfrentar adecuadamente el impacto negativo asociado a las problemáticas mencionadas con anterioridad, nos apoyaremos en los patrones de diseño biofílico propuestos por Stephen Kellert. Estos patrones, conocidos por fomentar una conexión armoniosa entre los seres humanos y la naturaleza, serán adaptados de forma específica para abordar las distintas problemáticas que hemos identificado. Mediante esta estrategia, se busca alcanzar soluciones efectivas y conscientes ante los desafíos presentes en cada una de las situaciones mencionadas.

Para abordar la problemática C1, se han implementado las siguientes estrategias: elevar la vivienda a un metro del suelo natural.

Para la problemática C2, se han llevado a cabo cambios en la orientación de la planta y en la materialidad de algunos ambientes de la vivienda, incorporando los siguientes patrones: “Variaciones térmicas y de corriente de aire”, “Luz dinámica y difusa” y “Material y texturas naturales”.

En el caso de la problemática U1, se han empleado estrategias que implican la reestructuración de la planta, dividiéndola en diferentes niveles y ambientes, así como modificando la apertura de vanos de ventanas, con la incorporación de los patrones: “Conexión visual con la naturaleza”, “Luz dinámica y difusa”, “Percepción del tiempo y movimiento” y “Panorama”.

Para la problemática A1, se han aplicado las estrategias de ventanales de piso a techo y la reorganización de las zonas para mejorar la circulación del aire, incorporando los siguientes patrones: “Conexión visual con la natura-

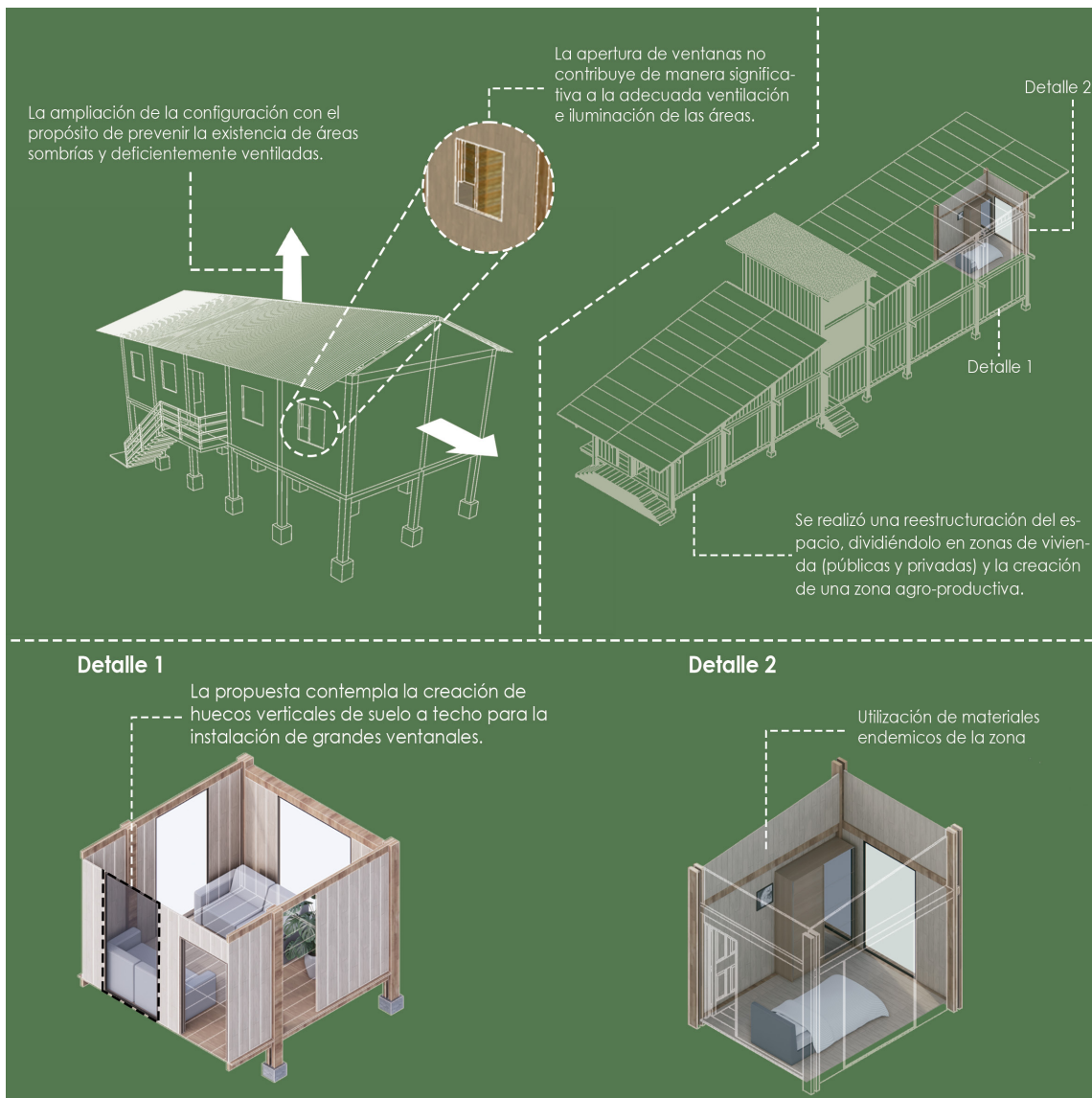
leza”, “Luz dinámica y difusa”, “Percepción del tiempo y movimiento” y “Panorama”.

En el caso de la problemática A2, se han implementado estrategias como el cambio de la planta a una forma rectangular y la subdivisión en dos niveles, separando los espacios públicos de los privados, así como la adición de una zona de transición entre la vivienda y la zona agro-productiva. Los patrones aplicados son: “Conexión visual con la naturaleza”, “Complejidad y Orden”, “Percepción del tiempo y movimiento”, “Panorama” y “Refugio”.

Para abordar la problemática A3, se han utilizado estrategias que incluyen la creación de áreas bien iluminadas durante todo el día para aprovechar al máximo la luz natural y crear espacios más integrados con el contexto. Los patrones empleados son: “Conexión visual con la naturaleza”, “Complejidad y Orden”, “Materiales y texturas naturales”, “Panorama” y “Refugio”.

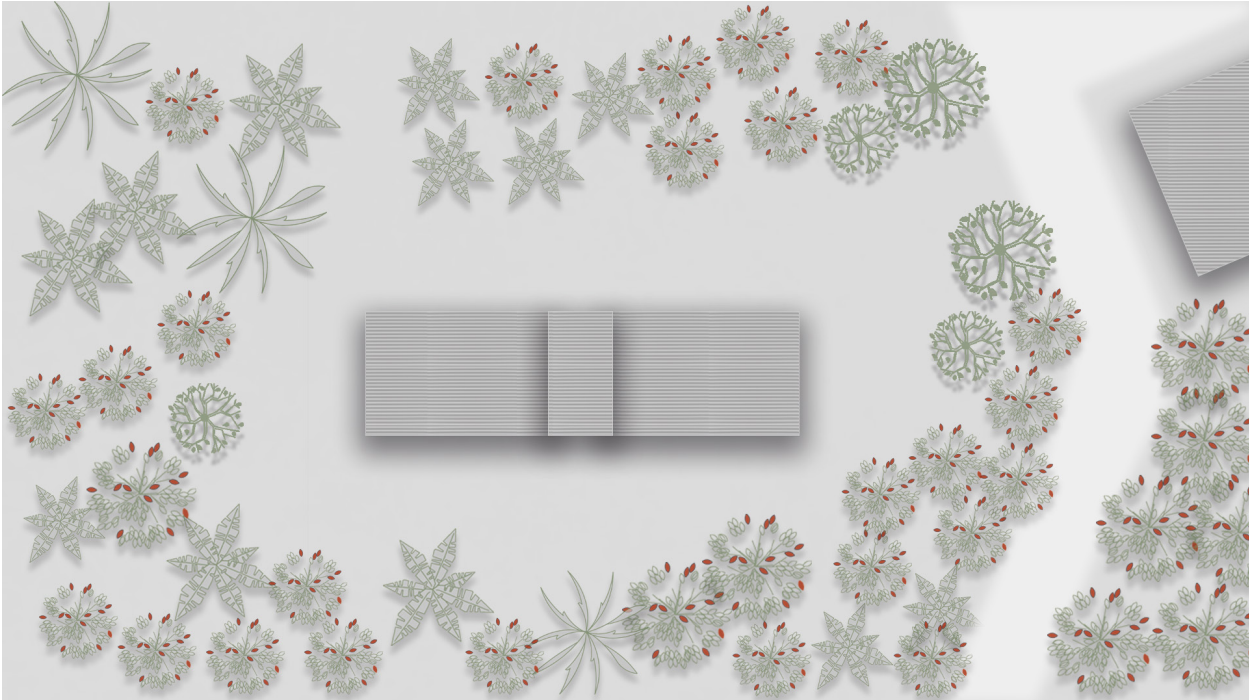
En el caso de la problemática A4, las estrategias se enfocaron en la búsqueda de materiales autóctonos combinados con sistemas de construcción propios de la zona, aplicando los patrones: “Conexión visual con la naturaleza”, “Complejidad y Orden”, “Materiales y texturas naturales”, “Panorama” y “Refugio”.

El uso de estos patrones de diseño biofílico en cada una de las problemáticas identificadas permite abordar de manera consciente y efectiva los desafíos presentes en el ámbito arquitectónico, promoviendo una mayor armonía y conexión con la naturaleza en los espacios construidos.



**Figura 23. Gráfico resumen de las propuestas de mejora.**  
**Fuente: Elaboración propia (2023).**

**Información Técnica del Caso Mejorado**



**Figura 24. Implantación caso mejorado.**  
**Fuente Elaboración propia (2023).**



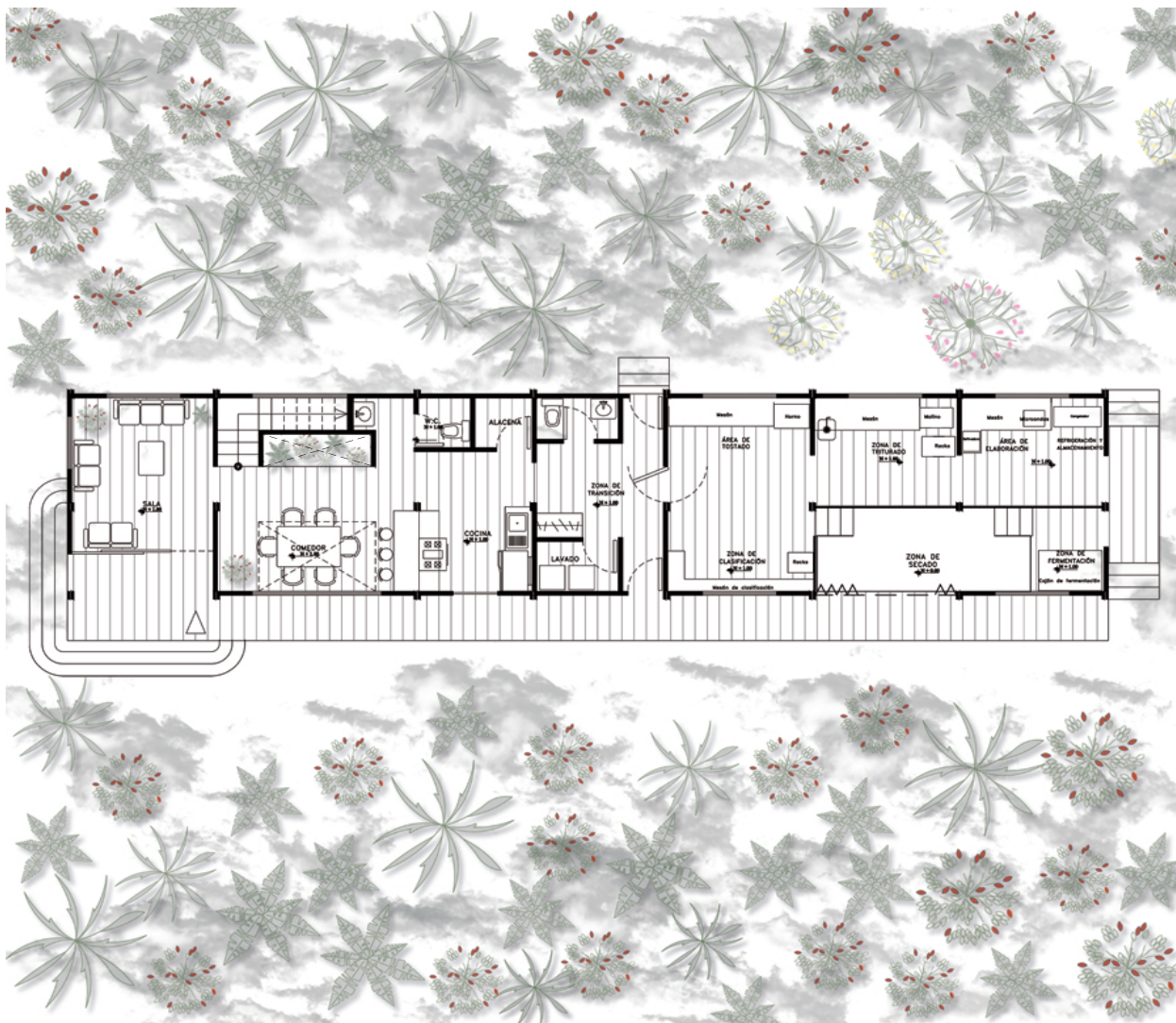


Figura 25. Planta Baja caso mejorado.  
Fuente Elaboración propia (2023).

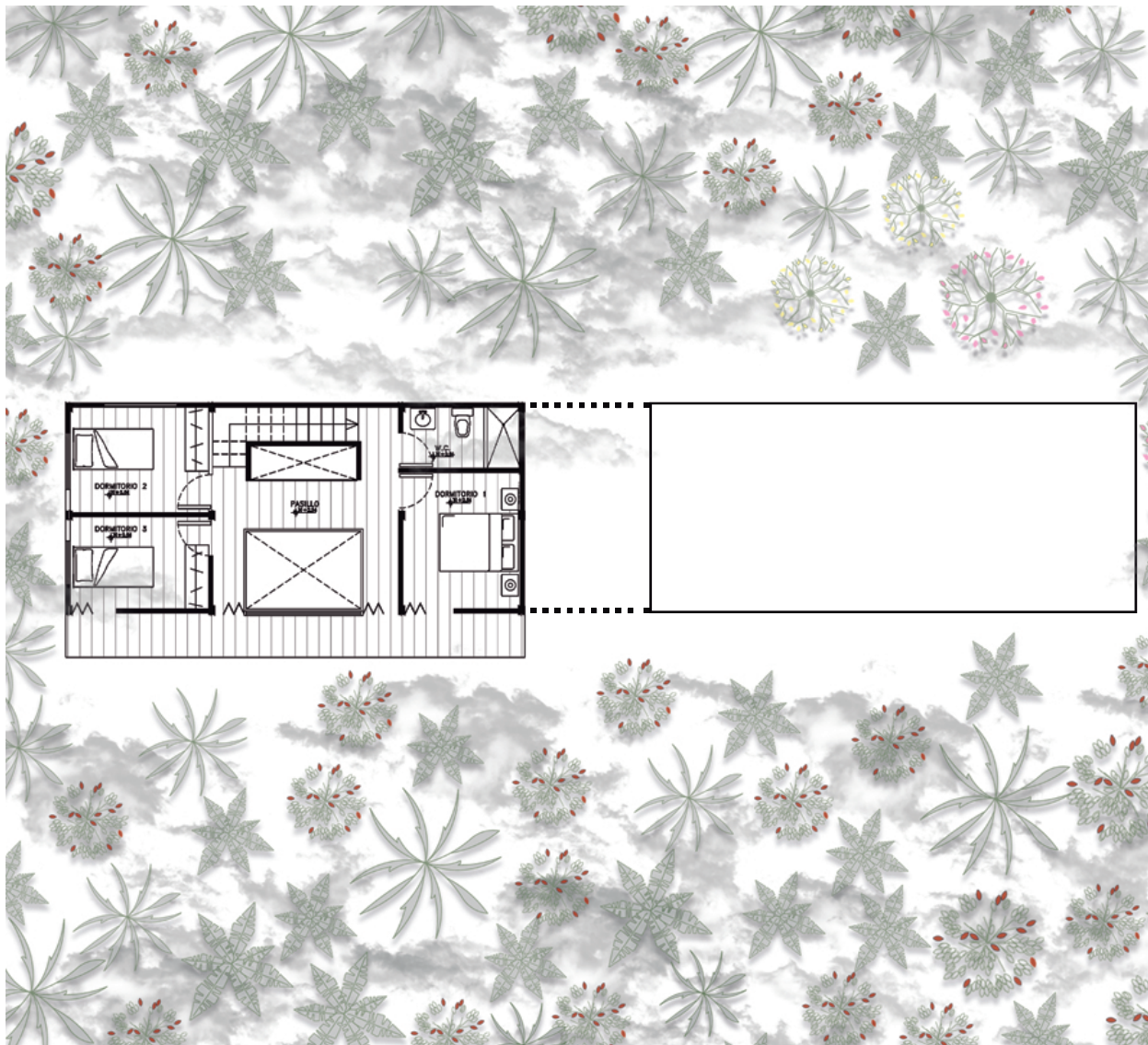


Figura 26. Planta Alta caso mejorado.  
Fuente Elaboración propia (2023).

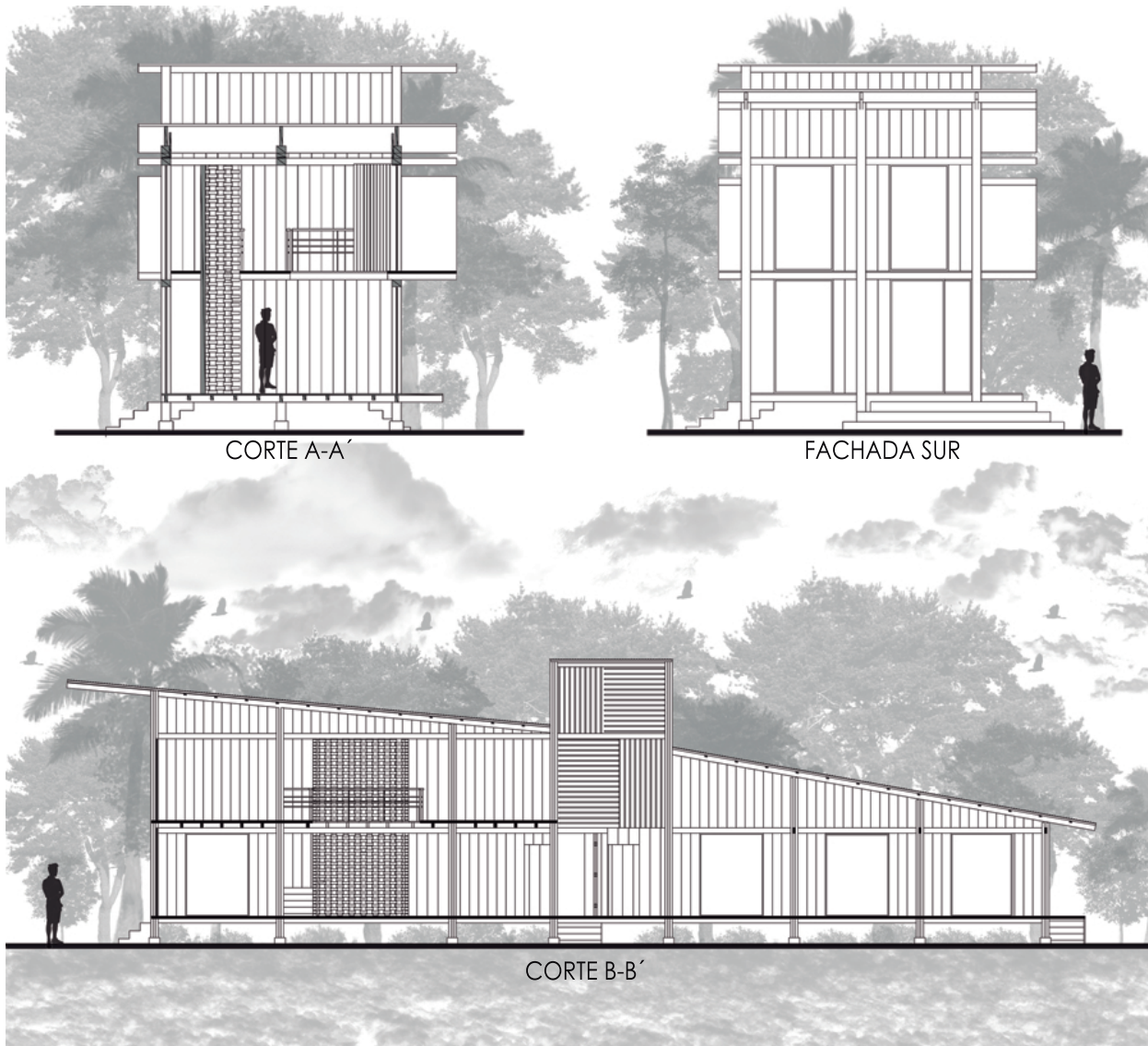


Figura 27. Secciones y fachadas caso mejorado.  
Fuente Elaboración propia (2023).



**Figura 28. Render exterior caso mejorado.**  
Fuente Elaboración propia (2023).



**Figura 29. Render exterior caso mejorado.**  
Fuente Elaboración propia (2023).



**Figura 30. Render interior caso mejorado.  
Fuente Elaboración propia (2023).**



**Figura 31. Render interior caso mejorado.  
Fuente Elaboración propia (2023).**



**Figura 32. Render interior caso mejorado.  
Fuente Elaboración propia (2023).**

## 4.3 Escala de Restauración Percibida

Berto et al., (2022) sostienen que la integración de naturaleza en entornos construidos tiene beneficios en el bienestar psicofisiológico y la conducta de los usuarios. Sin embargo, no sólo señalan la importancia de la conexión directa con elementos naturales, sino también cuán importante es tener sistemas con una “complejidad organizada”. En su estudio proponen una metodología que combina una encuesta de percepción y un software de atención visual, con la finalidad de contrastar los resultados de ambas variables.

El estudio aplicó la Escala de Restauración Percibida-11 a participantes escogidos preferencialmente, utilizando ocho imágenes de edificaciones con diferentes grados de diseño biofílico. Adicionalmente, estas mismas ocho imágenes fueron escaneadas por la herramienta “Visual Attention Software” (VAS).

La escala de evaluación mide la percepción de hasta que punto un espacio arquitectónico las personas lo consideran “restaurador”. VAS por su parte, analiza la atención en los primeros 3 a 5 segundos que la mirada tiene al explorar un espacio interno o externo (Irepan y Ortega, 2019; Lavdas, 2021).

El estudio encontró que existe una relación directamente proporcional entre una mayor percepción de restauración o preferencia y las imágenes donde se tenía un grado alto de cualidades biofílicas. La aplicación de la metodología les permite concluir a los investigadores en que los beneficios de la biofilia no solo están relacionados con la naturaleza sino con la complejidad y organización de los espacios (Berto et al., 2022).

La aplicación de esta metodología nos permitirá determinar en qué escala se percibe la aplicación de biofilia dentro de nuestros casos de estudio y que elementos son los que mayoritariamente se observan como beneficiosos al momento de analizar un entorno biofílico y no biofílico.

### Variables

#### Escala de Restauración Percibida

La Escala de Restauración Percibida (PRS-11) es una versión corta propuesta por Pasini et al., (2014) basada en versión original de Hartig et al., (1997), que consta de veintiséis ítems de análisis divididos en cuatro categorías de factores restaurativos; fascinación, estar alejado, extensión y compatibilidad. Posteriormente se extendió el análisis a coherencia y alcance; la prueba utiliza once de los veintiséis ítems, utilizando solo 4 categorías (fascinación, estar alejado, coherencia y alcance).

#### Exploración de atención visual

Adicionalmente a la encuesta se utiliza el software de atención visual desarrollado por 3M Company (VAS; 3M, 2020). Esta herramienta va a producir mapas de calor, en donde se evidencia en que lugares se va a centrar la atención inconsciente de las personas en los primeros 3 a 5 segundos de observar una imagen. El desarrollador de la herramienta sostiene que tiene un 96% de precisión. El software posee la característica de que no reconoce paisajes naturales o plantas, únicamente lo hace con las características geométricas de la imagen.

Tabla 7. Items de la Escala de Restauración Percibida.

ÍTEMS DEL PRS - 11		
Fascinación	FA 12	Este lugar es fascinante.
	FA 7	En este lugar mi atención es atraída por muchas cosas interesantes.
	FA 11	En este lugar es difícil estar aburrido(a).
Estar Alejado	BA 1	Este lugar es un refugio de molestias.
	BA 5	Este es un lugar para alejarme de las cosas que comúnmente demandan mi atención.
	BA 4	Estar aquí me ayuda a dejar de pensar en las cosas que tengo que hacer.
Coherencia	COH 15	Hay un orden claro en la disposición física de este lugar.
	COH 26	En este lugar es fácil ver cómo se organizan las cosas.
	N1	En este lugar todo parece tener su posición adecuada.
	N2	Puedo orientarme en este lugar sin ningún problema.
Alcance	FA 10	Este lugar es lo suficientemente grande como para permitir la exploración en muchas direcciones.
	N3	En este lugar hay pocas barreras que limiten mi posibilidad de moverme.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

## Aplicación

Los participantes de la encuesta fueron evaluados mediante un formulario, que se les proporcionó a través de un vínculo online en donde las personas tuvieron que, como primer paso, dar su consentimiento y otorgar información sociodemográfica necesaria para validar el método a aplicar.

La muestra de los participantes se compuso de 30 personas, de las cuales 20 eran estudiantes del último año de las carreras de psicología y arquitectura, mientras que el restante fueron personas que residen o residieron en la zona de estudio donde están implantados los casos de estudio.

Las instrucciones de la encuesta guían a los sujetos evaluados en cuando al procedimiento que debían seguir para completar correctamente la prueba. Quienes fueron sometidos a la encuesta debían observar las visualizaciones generadas tanto del caso base como del caso mejorado.

Una vez observadas las imágenes, los participantes responderán a las afirmaciones que componen el test PRS-11, para poder ponderar los atributos físicos de las visualizaciones. El orden de las imágenes se dispuso de tal manera que exista una alternancia entre el caso base y el caso mejorado.

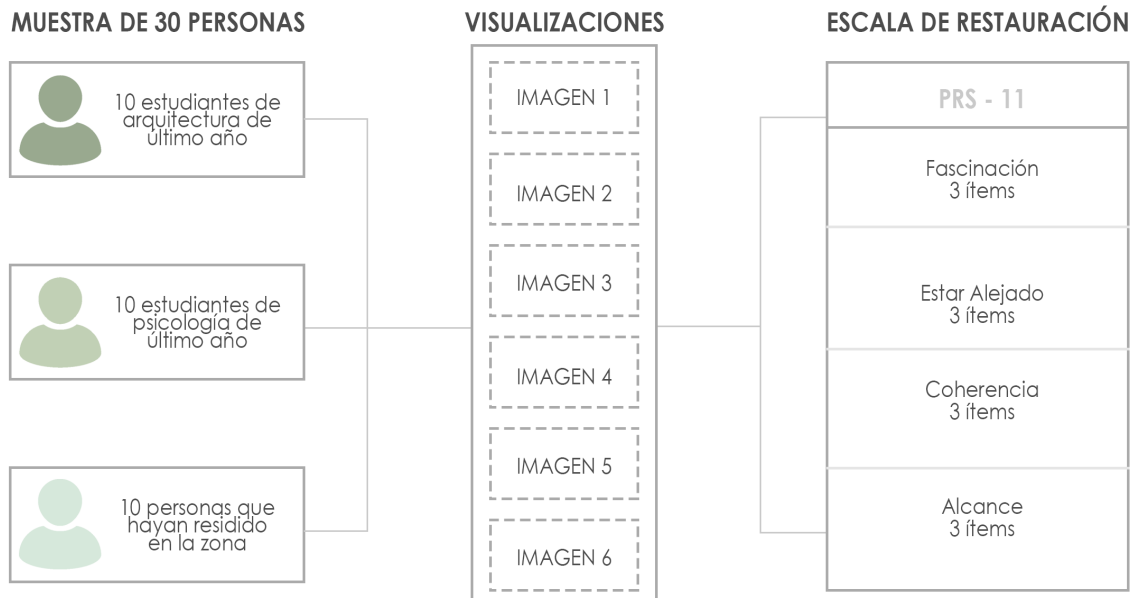


Figura 33. Proceso de aplicación de la encuesta.  
Fuente Elaboración propia (2023).



Se generaron 6 visualizaciones que correspondían la mitad al caso base y la otra mitad al caso mejorado. Estas imágenes fueron escogidas minuciosamente para obtener un resultado lo menos sesgados posibles. Las escenas escogidas pertenecen a una vista exterior de ambos casos, una vista desde una habitación, y una vista desde una el área social.



Figura 34. Visualizaciones generadas de ambos casos.  
Fuente Elaboración propia (2023).

Una vez realizada la encuesta, las 6 imágenes utilizadas en la evaluación fueron introducidas en el software VAS, donde se obtuvieron 5 resultados, sin embargo para la investigación tan solo se tomaron en cuenta 3; mapas de calor, que es un mapa de probabilidad en una escala de color en donde se mostrará donde la mirada será atraída; áreas de interés, otorga un puntaje numérico que indica la probabilidad de que una persona mire hacia algún lugar; y por último, secuencia de mirada, el cual indica las 4 ubicaciones donde es más probable mirar, en orden de visualización.

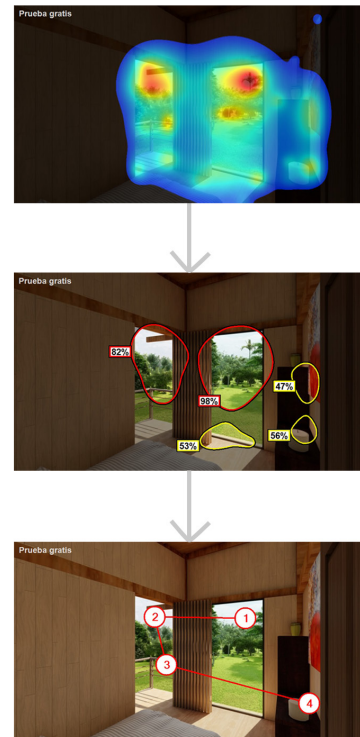


Figura 35. Resultados de la herramienta VAS.  
Fuente Elaboración propia (2023).

## 4.4 Sintaxis Espacial

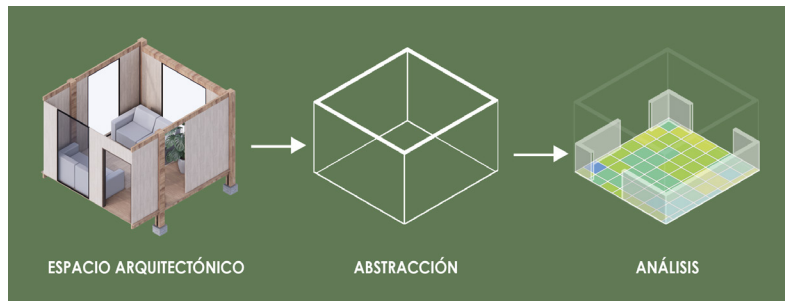
Para Yaseen y Mustafa (2022) los estudios que analizan el diseño biofílico se centran su mayoría en parámetros ambientales, existe muy poca investigación que revise al espacio como categoría y sus implicaciones en los beneficios que podrían obtenerse. Por este motivo, los investigadores plantean una metodología de carácter cuantitativo que permitirá analizar los espacios a través de la utilización de la teoría de sintaxis espacial como base teórica.

Hillier (1996), menciona que la relación entre la conducta de las personas y patrones en las configuraciones espaciales no son combinaciones aleatorias, por el contrario, es un sistema interconectado de significados. La conexión entre el ser humano y su medio ambiente es el principal postulado de la sintaxis espacial.

La sintaxis espacial le otorga valores estadísticos a los espacios que analiza, sean estos edificios o territorio, como barrios o ciudades, permitiendo obtener información relevante para el diseño, planificación, organización y transformación de los lugares que compartimos (Jeong y Ban, 2011).

Poder cuantificar las características y cualidades de espacios interiores es vital en el diseño basado en evidencia. Se llega a la comprensión de las particularidades del espacio, a la par de generar unidades que permitan el estudio de la conducta humana (Koutsolampros et. al., 2019). Las decisiones que tomamos en lugares determinados, como hacia qué dirección nos dirigimos, o qué asiento vamos a escoger, están influenciadas por la forma y configuración del espacio arquitectónico (Robson, 2002).

La investigación determinó que el análisis de la sintaxis espacial es una herramienta que puede utilizarse para evaluar los patrones de diseño biofílico debido a su objetividad y efectividad (Yaseen y Mustafa, 2022), La metodología nos permitirá determinar de manera precisa la configuración espacial de los espacios de análisis y su valoración; resultados positivos en las métricas de sintaxis espacial representará una mayor presencia de características biofílicas, lo cual se traduce en impactos positivos en los posibles usuarios de los espacios proyectados (Kellert, 2011).



**Figura 36. Proceso de Aplicación de la sintaxis espacial**

Fuente: Elaboración propia (2023).

## **Variables**

De acuerdo con el glosario (UCL, 2019) existe una gran cantidad de parámetros de sintaxis espacial. Dentro de esta variedad, para la investigación fueron escogidos los siguientes:

### ***Conectividad Visual***

La conectividad visual es una métrica que relaciona el grado de visibilidad que tiene un espacio desde los espacios vecinos a este, en términos de línea de visión más larga y corta (Hillier, 1996).

Yasen y Mustafa (2022) concluyeron que existe una relación fuerte entre la medida y el patrón de diseño biofílico “conexión visual con la naturaleza”, por lo cual en la investigación actual nos permitirá obtener un grado de mayor efectividad de este patrón.

### ***Integración***

Los espacios con menor profundidad tienen un mayor grado de integración con el sistema complejo, a diferencia de aquellos que poseen más profundidad, se encuentran menos integrados (Turner, 2004). Esta métrica posee dos medidas, integración local y global; para el estudio el cálculo de la integración nos ayudará a determinar en qué medida el patrón de “complejidad y orden” se encuentra en nuestros casos de estudio (Koutsolampros et. al., 2019).

### ***Entropía Visual***

La entropía visual se explica a partir del orden y desorden que posee un sistema a partir de un punto específico. Una ubicación compleja desde el punto específico deriva en un sistema visualmente asimétrico, por lo tanto, su entropía es alta; de la misma manera una entropía baja significa que el sistema es visualmente simétrico (Turner, 2004). Esta métrica será emparentada con el patrón de diseño biofílico “complejidad y orden”.

## **Inteligibilidad**

La métrica de inteligibilidad se obtiene mediante la relación entre la medida global de integración y la medida local de conectividad. Este parámetro facilita la comparación y el análisis de la morfología de los espacios interiores (Hillier, 1984).

Estudios comprueban la relación que existe entre la inteligibilidad de las estructuras espaciales y la información visual que mejora la facilidad de orientación y movimiento, motivo por el cual esta métrica se comparará con el patrón “percepción del tiempo y movimiento” del diseño biofílico. (Beck y Turkienicz, 2009; Natapov et al., 2015; Obeidad y Rashid, 2017).

### ***Coefficiente de agrupamiento Visual***

Turner et al. (2001) adapta el concepto de “coeficiente de agrupamiento” introducido por Watts (1999) que analiza la proporción visible de un punto en relación con la probabilidad de que todos los espacios visibles del punto puedan tener una conexión entre sí. Esta medida se relacionará con el patrón biofílico “panorama”.

## **Aplicación**

Una vez determinados los parámetros de medición se utilizó el software de mapa de profundidad “Visual Graph Analysis” (VGA) DepthmapX, que evalúa la visibilidad de un punto desde otro distinto (Bjorn, 1993; Pinelo y Turner 2010). Actualmente existen veinticinco métricas que se pueden calcular dentro de la herramienta, de las cuales se tomaron en consideración las cinco mencionadas en el apartado anterior (Koutsolampros et. al., 2019).

Para la aplicación de la metodología primeramente se obtuvo la información técnica arquitectónica de ambos casos de estudio, apoyados en el software de Autodesk AutoCAD para tener la mayor precisión posible.

## ● Información Técnica Arquitectónica

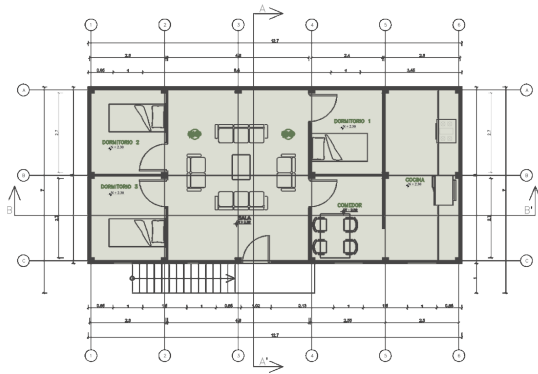


Figura 37. Información Técnica de caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Posterior, se procedió a realizar una abstracción de la planta arquitectónica; se eliminó la información interna que no es de utilidad (mobiliario, elementos de carpintería, acotaciones), dejando solamente muros, divisiones, ventanas y puertas. Una vez el dibujo se encuentra depurado, se procedió a exportarlo en formato DXF, que es el tipo de archivo que DepthmapX reconoce.

## ● Abstracción de la planta arquitectónica

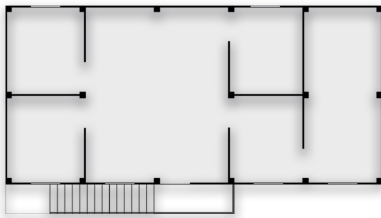


Figura 38. Información Técnica de caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Se realizaron dos configuraciones de plantas diferentes, debido a que las métricas y patrones biofílicos buscan información del espacio distinta. Para la métrica de conectividad visual, como su objetivo es determinar cuan visible es el exterior se ocupó una planta con las ventanas abiertas y un límite de cinco metros a partir del borde de la vivienda.

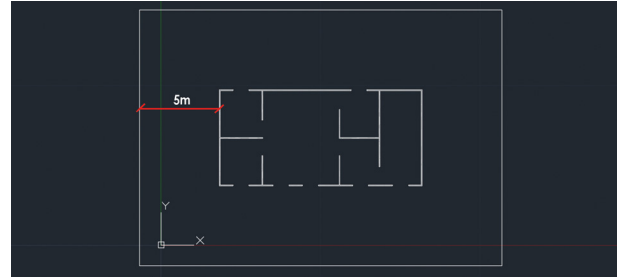


Figura 39. Configuración 1 de la planta arquitectónica del caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Por su parte, los parámetros de integración, inteligibilidad, entropía visual y coeficiente de agrupamiento pretenden analizar la relación e interacción de los espacios interiores unos con otros, por lo cual para una aplicación adecuada de la metodología se utilizó una planta con las ventanas y puertas que dan al exterior cerradas, y un límite de borde de cinco metros.

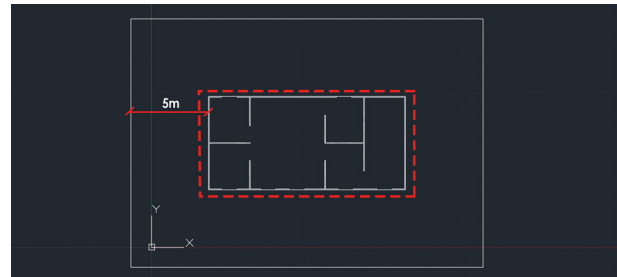


Figura 40. Configuración 2 de la planta arquitectónica del caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).



Una vez definidas las unidades se superpone el gráfico de visibilidad resultante para empezar a analizar los espacios de ambos casos de estudio.

Cada ambiente va a tener un número determinado de celdas, acorde a su dimensión. La escala del estudio nos permite trazar ejes de referencia.

## ● Superposición entre VGA y planta

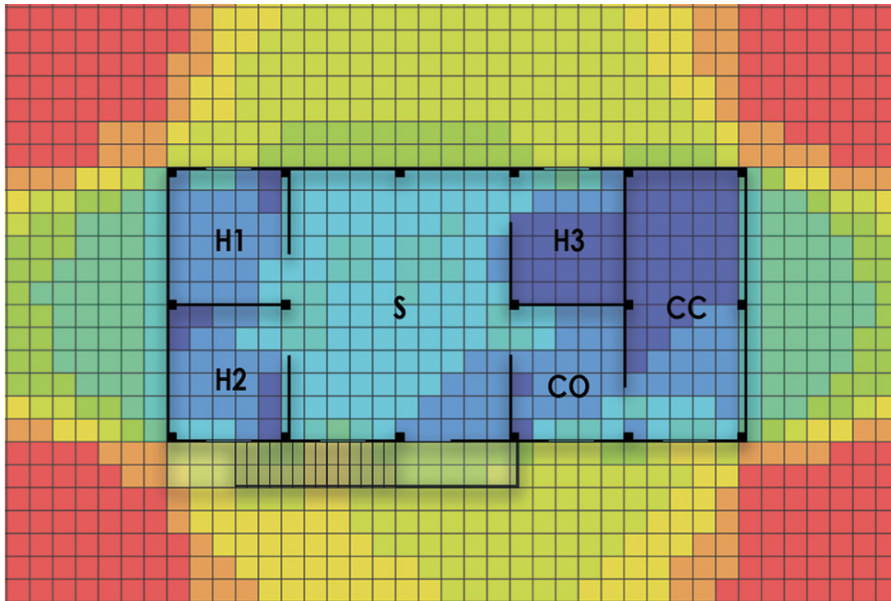


Figura 44. Información Técnica de caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

El valor de cada celda estará determinado por dos factores, la posición dentro de las unidades de análisis, y la métrica que se esté analizando; la disposición de la planta, y sus dimensiones influirán en su valoración. Ninguna celda va a tener el mismo valor. Estos datos específicos se guardarán en una tabla que el programa nos proporciona.

Una vez obtenido tanto el mapa de visibilidad como la tabla de valores se exporta esta última a Microsoft Excel con la finalidad de determinar los promedios de cada unidad de análisis. Los valores para cada métrica van a ser distintas, sin embargo, dentro de la escala numérica se procederá a extrapolar los resultados con la finalidad de obtener valores entre 0 y 1.

● Referencia de cada celda según la malla

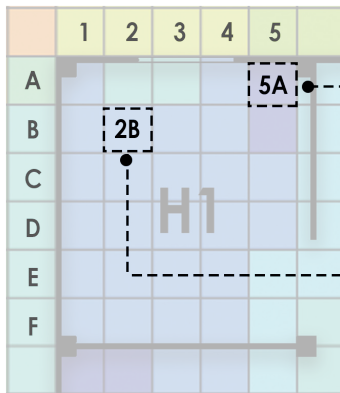


Figura 45. Configuración 2 de la planta arquitectónica del caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

● Tablas con los valores de cada métrica

Habitación 1 Caso Base - H1	
REFERENCIA	CONECTIVIDAD VISUAL
1A	164
2A	272
3A	277
4A	184
<b>5A</b>	<b>57</b>
1B	154
<b>2B</b>	<b>151</b>
3B	144
4B	153
5B	118

Figura 46. Configuración 2 de la planta arquitectónica del caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Para determinar los valores finales de cada métrica se deberá analizar la escala de medición, la cual consta de dos componentes, una parte visual y una numérica. Dentro del espectro de colores, las celdas rojas representan valores altos y positivos (mayor conectividad, mayor integración, mayor coeficiente de agrupación, mayor entropía e inteligibilidad), por su parte el color azul representa una valoración menor en todas las métricas. El color de la celda estará acompañado con una valoración numérica que varía dependiendo del parámetro, pero que se puede extrapolar a valores entre 1 y 10, o entre 0 y 1.

	H1	H2	H3	S	CO	CC	TOTAL
CONECTIVIDAD	158,4	159,7	132,5	233	183,3	133,7	166,77

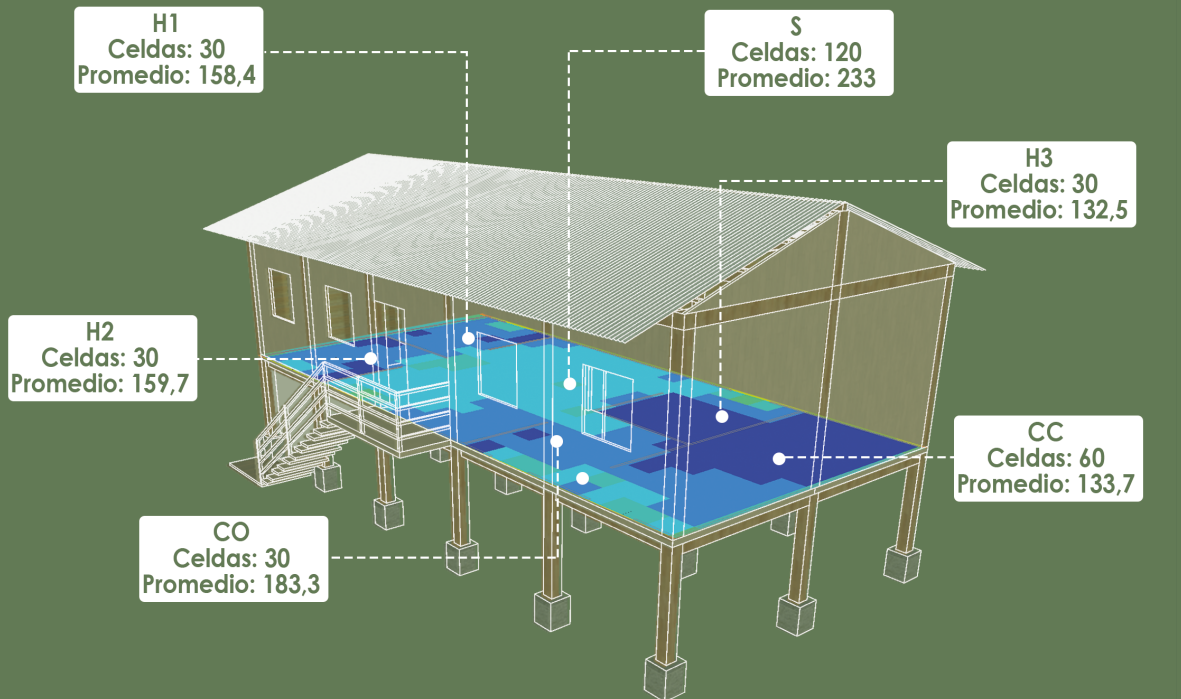


Figura 47. Gráfico resumen referencial, de una de las métricas empleadas (conectividad).  
Fuente: Elaboración propia (2023).



## 4.5 Sintaxis de la Naturaleza

Munro y Grierson (2016) postulan la hipótesis de que los límites entre los entornos naturales y construidos condicionan el uso y las interacciones sociales en los espacios de convivencia. Para comprobar este enunciado proponen un método que permite determinar estadísticamente la naturalidad que tiene una vista desde el interior de un espacio construido. La metodología se denomina como “sintaxis de la naturaleza”, y la variable de análisis tiene como nombre “visibilidad de la naturaleza”.

Esta metodología será utilizada para determinar la cantidad de naturaleza visible que poseen los casos de estudio, Las múltiples evidencias de los beneficios que tiene sobre la salud la conexión directa con entornos naturales (Raanaas et al., 2012) marcan la pauta para entender la importancia de obtener una valoración positiva en la aplicación de la metodología en nuestros casos analizados.

El estudio concluyó que existe una relación directa entre aquellos espacios que tienen una valoración alta en la variable de visibilidad de la naturaleza y las actividades específicas que en aquellos lugares se realizan, que corresponden a actividades planificadas y con un uso activo del espacio (Munro y Grierson, 2016).

- **Variables**

El cálculo de la visibilidad de la naturaleza produce un valor específico entre 0 y 1, donde 1 es una conexión visual con la naturaleza completa, de 360°, y 0 significa una conexión visual nula. Para el análisis del método se utilizaron dos variables independientes que posteriormente se relacionaron a través de una fórmula. Estas dos variables son denominadas permeabilidad y naturalidad de la vista (Munro y Grierson, 2016).

- **Cálculo de la Permeabilidad**

La permeabilidad es definida como aquella superficie de la envolvente a través de la cual se puede visibilizar el exterior. Para efectos de la investigación se tomaron en cuenta ventanas, puertas y tragaluces que tengan una conexión directa con el contexto exterior. Para el cálculo de la variable, se realizó una relación entre el área permeable de la envolvente y el área total.

Se procedió a realizar dibujos internos para cada una de las caras de las unidades de análisis (Norte, Sur, Este, Oeste, Superior). A continuación, se procedió a sumar el área resultante del análisis de permeabilidad en las 5 direcciones propuestas y dividir el resultado para el área de la superficie total. El valor obtenido se dividió entre 100 para de esta manera producir una cifra entre 0 y 1.

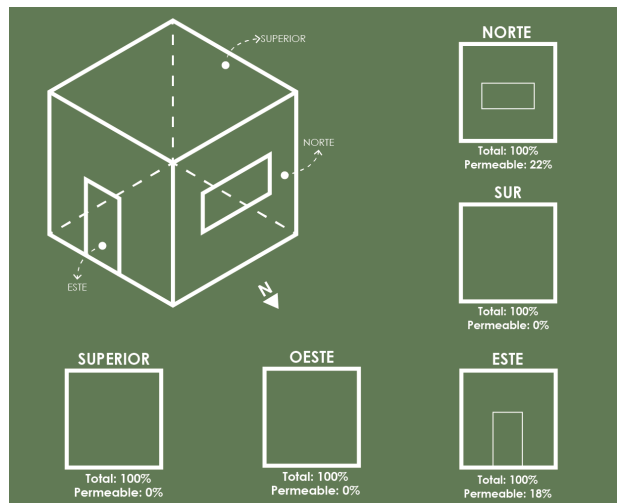


Figura 48. Representación gráfica de la variable “permeabilidad”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Cálculo de la Naturalidad de la Vista**

Esta variable pretende clasificar si las vistas son completamente naturales, construidas, o un punto intermedio. Para obtener el valor de naturalidad de la vista se generó un mapa de cobertura terrestre (basado en NLCD, 2016) que contiene ocho categorías que a su vez se divide en veinte subcategorías. Para este estudio se toman en cuenta las categorías de “cobertura terrestre desarrollada” y “cobertura terrestre natural” utilizando la modificación propuesta por Yaseen y Mustafa (2022) y que se resume en la Tabla #.

Adicionalmente, se realiza un estudio de campo de visión foveal y periférico tanto en planta como en sección para cada uno de los ambientes (Gehl et al., 2006); se toma como referencia un punto central en las unidades analizadas y se realiza un esquema que es superpuesto en el plano de cobertura. La cobertura que predomina en el campo de visión se tomó como el tipo de cobertura para cada dirección y se le otorgó su valoración entre 0 y 1.

Los valores de cada una de las variables son obtenidos a través de fórmulas que permiten encontrar las relaciones entre los diferentes parámetros de análisis.

$$\text{PERMEABILIDAD} = \frac{\text{Total Sup. Permeable}}{\text{Total Superficie}} / 100$$

$$\text{NATURALIDAD DE LA VISTA} = (VfN + VfS + VfE + VfO + VfS) / 5$$

$$\text{VISIBILIDAD DE LA NATURALEZA} = \frac{\text{Nat. de la Vista}}{\text{Permeabilidad}} * 100$$

**Figura 49. Fórmulas de las variables “permeabilidad”, “naturalidad de la Vista” y “Visibilidad de la Naturaleza”**  
Fuente: Elaboración propia (2023).

**Tabla 8. Clasificación de cobertura terrestre.**

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CONSTRUCCIÓN %	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
Desarrollado	Alta Intensidad	80-100	0	No hay superficie natural
	Media intensidad	50-80	0,25	Superficie natural menor a la edificada
	Baja intensidad	20-50	0,5	Equilibrio entre superficie edificada y natural
Natural	Superficie abierta	0-20	0,75	Superficie natural mayor a la edificada
	Superficie natural	0	1	No hay superficie edificada a la vista

Fuente: Yaseen y Mustafa, 2022.

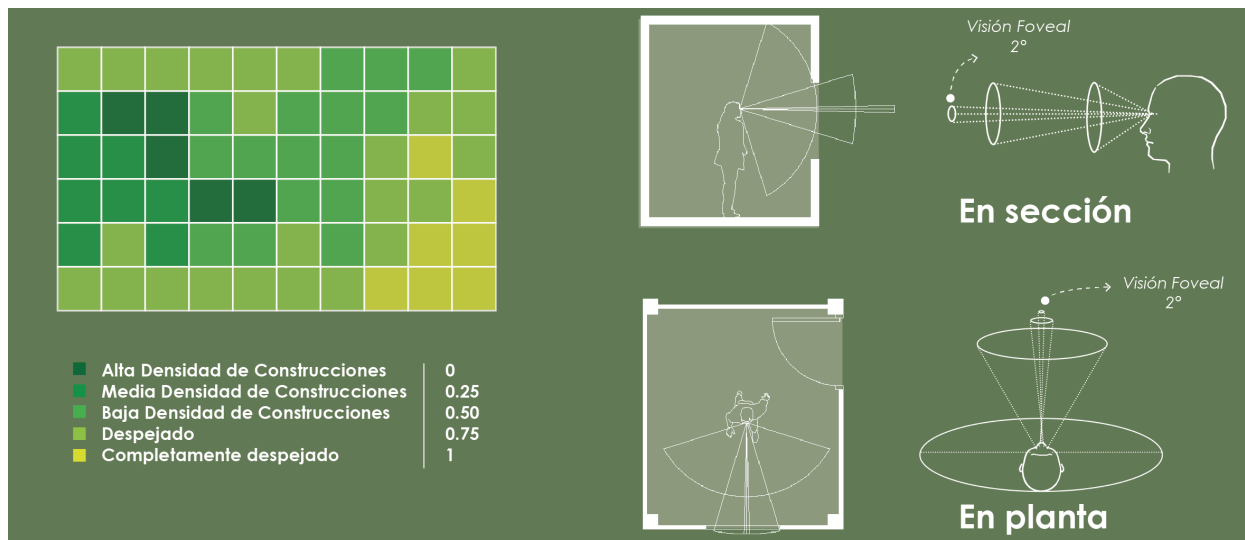


Figura 50. Representación gráfica de los parámetros de la variable “naturalidad de la vista”

Fuente: Elaboración propia (2023).

### • Aplicación

Con la finalidad de tener una mayor certeza y precisión en el cálculo de las variables se utilizó el software de Autodesk AutoCAD para realizar los dibujos de cada una de las direcciones, en cada uno de los espacios de análisis, de esta manera obteniendo valores exactos de las áreas permeables y totales.

Una vez obtenidos los dibujos para cada una de las unidades de análisis se procedió a medir las áreas de cada dirección, obteniendo una cifra en metros cuadrados. Con los valores encontrados se organizaron los resultados para ser trasladados a Microsoft Excel para la generación de la base de datos de la metodología, además de que este software también nos permitió aplicar las operaciones matemáticas de las fórmulas.

Para la determinación de la variable naturalidad de la vista se complementó el dibujo en planta y sección obtenido de AutoCAD con el modelado 3D realizado en SketchUp, con la finalidad de tener una referencia que nos permita ponderar de manera adecuada la variable de análisis.

Finalmente, para la obtención del mapa de cobertura terrestre se determinaron las áreas que corresponden a cada categoría con la ayuda de fotografías referenciales del lugar. Al ser una zona rural, gran parte del territorio tiene una cobertura natural alta, por lo cual se tuvo una mayor rigurosidad en la valoración de cada una de las vistas, tomando en cuenta el mínimo detalle. El mapa de ambos casos fue realizado con una cuadrícula de 5x5 metros, utilizando el software de información geográfica ArcGIS Pro.

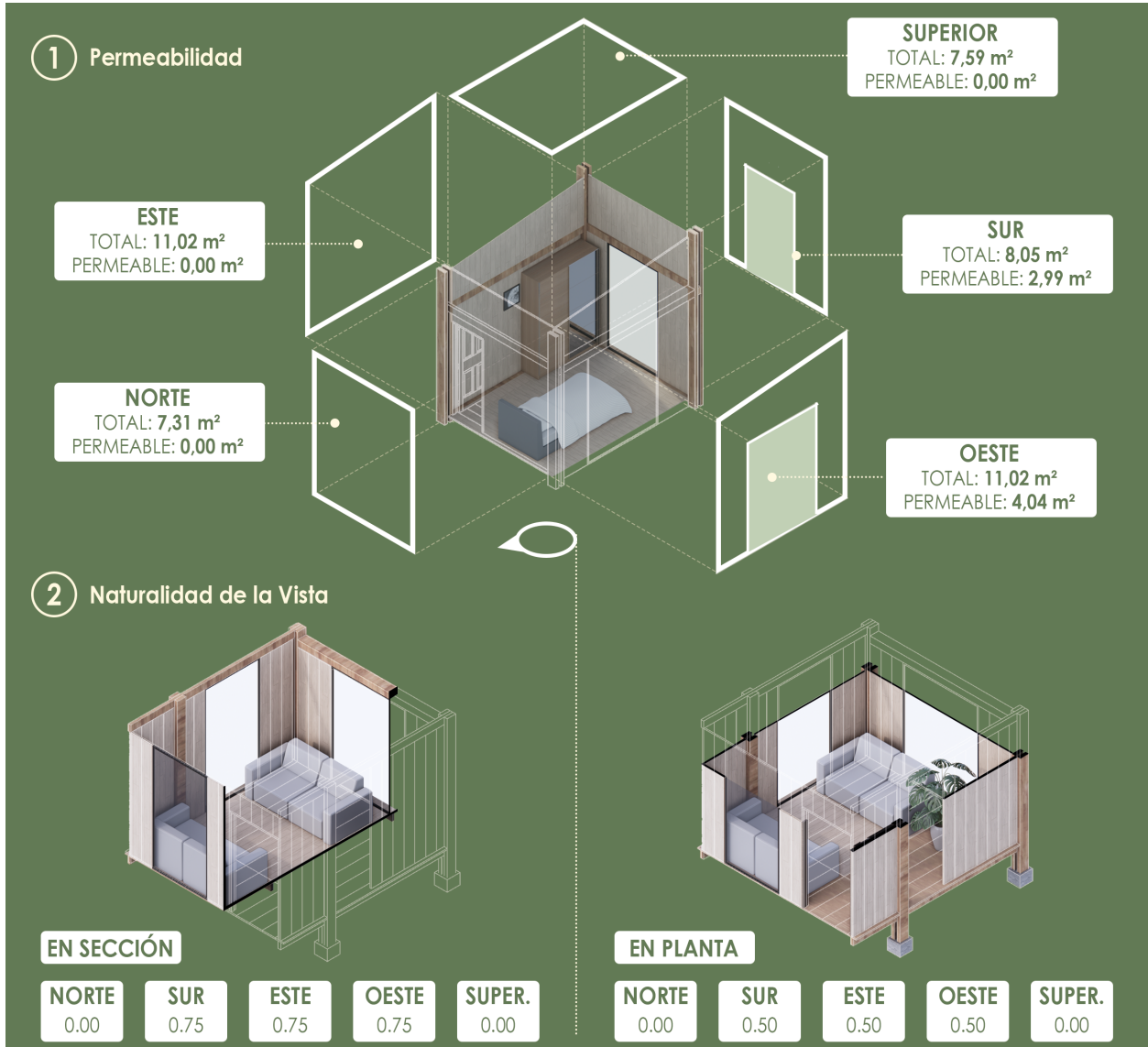


Figura 51. Gráfico resumen referencial de las variables necesarias para el cálculo de VN permeabilidad(1) y naturalidad de la vista (2).

Fuente: Elaboración propia (2023).

## 4.6 CBE 3D Confort Térmico

Esta metodología describe una calculadora solar (Solar-Cal) que está incorporada en la Comfort Tool basada en la web del Center for the Built Environment (CBE). Comfort Tool contiene las disposiciones de ASHRAE Standard 55 como su base de datos, pero también tiene características opcionales más allá de los requisitos actuales del estándar.

SolarCal se basa en un método desarrollado por Arens et para evaluar el efecto de la radiación solar en el confort al aire libre. El modelo SolarCal se simplifica intencionalmente para que pueda usarse para estimar la radiación solar en entornos determinados o en entornos con geometrías simples.

### VARIABLE

PMV es una abreviatura de “ Predicted Mean Vote “, que es un indicador utilizado en el campo del confort térmico. Fue desarrollado en la década de 1970 por el danés Paul Ole Fanger y sus colegas. El índice PMV intenta predecir la respuesta media de un gran grupo de personas a las condiciones ambientales en términos de confort térmico.

El PMV se calcula en función de varios parámetros, que incluyen la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la temperatura media radiante, la actividad metabólica de una persona (por ejemplo, si está descansando o haciendo ejercicio) y la ropa.

### CÁLCULO DE LA GANANCIA SOLAR EN INTERIORES

La temperatura ambiente de una habitación se suele expresar mediante la Temperatura Radiante Media (MRT), un parámetro empleado en el análisis del confort térmico para evaluar el impacto de la temperatura radiante

promedio en la percepción térmica humana. El cálculo de la MRT toma en consideración la temperatura radiante de cada superficie y el área ponderada de las mismas. La fórmula general para calcular la MRT es la siguiente:

$$MRT = (\Sigma (Ti \times Ai)) / \Sigma Ai$$

Donde:

- MRT es la Mean Radiant Temperature (Temperatura Radiante Media).
- Ti es la temperatura radiante de la superficie.
- Ai es el área ponderada de la superficie.

Por otro lado, la Escala de Confort Térmico Predictivo se basa en el modelo Predicted Mean Vote (PMV) desarrollado por (Fanger 1970).

Este modelo emplea una ecuación matemática que considera varios parámetros, como la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la actividad metabólica y la indumentaria de las personas, para predecir la sensación térmica promedio de un grupo de individuos.

El PMV proporciona un valor numérico que indica el grado de incomodidad térmica que una población específica puede experimentar en un entorno dado.

Al unir ambos parámetros, se obtiene una visión más integral y precisa del confort térmico en el entorno estudiado. La combinación de MRT y PMV permite evaluar cómo la temperatura radiante de las superficies afecta la percepción térmica humana.

## APLICACIÓN

Con el propósito de lograr una mayor certeza en el cálculo de las variables, se empleó el software Autodesk AutoCAD para la elaboración de los planos correspondientes a cada zona de la vivienda. De esta manera, se obtuvieron valores exactos para las áreas totales de interés.

Una vez obtenidos los planos de cada unidad de análisis, se procedió a medir meticulosamente las áreas de cada zona, expresadas en metros cuadrados. Estas mediciones fueron posteriormente sometidas a análisis en la calculadora solar, junto con los parámetros ambientales requeridos para el estudio.

Los valores derivados de los cálculos fueron cuidadosamente organizados y trasladados a Microsoft Excel con el fin de generar la base de datos que sustenta la metodología. Asimismo, este software permitió la aplicación de las operaciones matemáticas necesarias para la formulación de las ecuaciones pertinentes.

Para la creación del mapa de calor se empleó la variable PMV. Además de ponderar los resultados de manera clara para el estudio, esta variable proporcionó el mapa de calor, ofreciendo una visualización gráfica y significativa de los datos obtenidos.

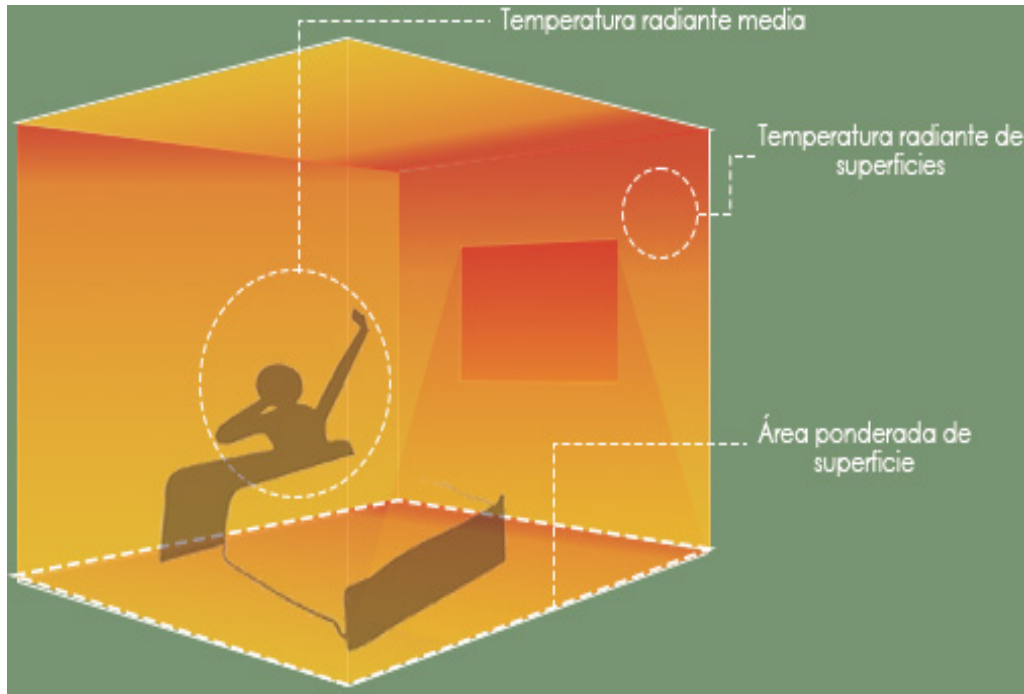


Figura 52. Representación gráfica de la variable “MRT”

Fuente: Elaboración propia (2023).

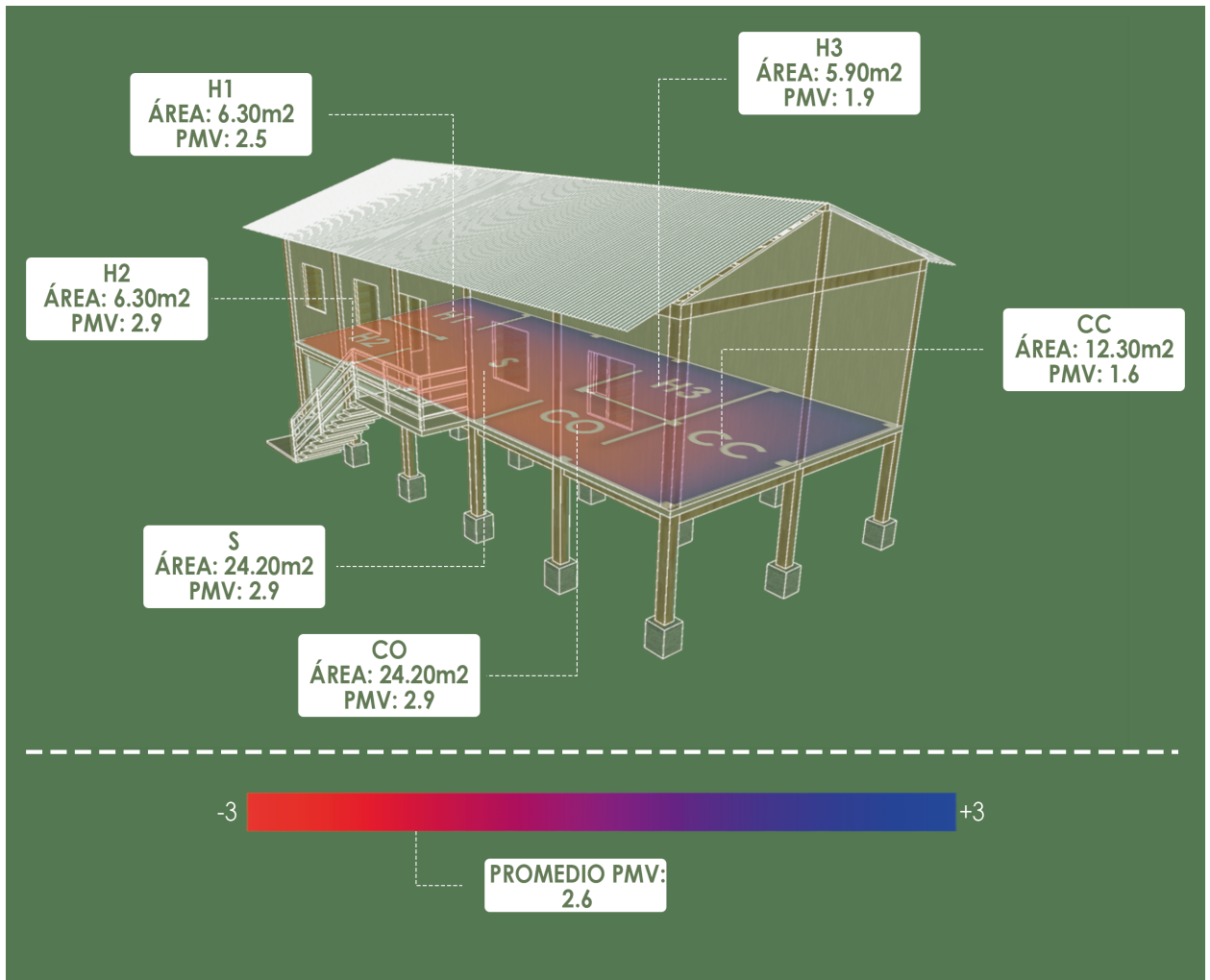


Figura 53. Gráfico resumen referencial de las variables necesarias para el cálculo de VN permeabilidad(1) y naturalidad de la vista (2).  
Fuente: Elaboración propia (2023).

## 4.7 Iluminación diurna

La presente metodología tiene como objetivo examinar los análisis de luz natural y su relevancia en la cuantificación de la eficacia con la que un espacio interior utiliza la luz diurna para proporcionar comodidad visual.

La iluminación natural desempeña un papel crucial en la arquitectura y el diseño de interiores, ya que afecta tanto a la salud como al bienestar de los ocupantes de los edificios.

El enfoque principal se centra en la variable del rendimiento de la luz, conocida como “autonomía de luz diurna en el espacio” (space daylight autonomy), que permite medir la capacidad de un lugar para aprovechar la luz natural y minimizar el consumo de iluminación artificial.

Los análisis de luz natural tienen como objetivo cuantificar la eficacia con la que un espacio utiliza la luz natural para proporcionar comodidad visual en los espacios interiores

### VARIABLES

Para evaluar cómo un interior utiliza la luz natural, se utilizan análisis específicos que miden diferentes parámetros. Uno de los enfoques más relevantes es el “space daylight autonomy” (sDA).

Es una encuesta anual que muestra el porcentaje de espacios utilizables que se espera que reciban más de 300 lux de luz diurna durante sus horas de ocupación (8:00 a. m. / 15:00 p. m.). Los niveles de luz diurna se calculan en el plano de trabajo de referencia y siguiendo las indicaciones de LEED v4, el estudio evaluó y determinó los siguientes parámetros: Optimo superior al 75%, Adecuado superior al 55%, Inadecuado inferior al 10% (Reinhart y Walkenhorst 2001).

El análisis de la exposición solar anual (ASE) muestra que el porcentaje de espacio que recibe menos de 1000 lux de luz del día representa menos del 10 % y se considera insatisfactorio, pero incluso menos del 20 % es aceptable.

### CALCULO DE LUZ DIURNA

Los análisis se realizaron con la herramienta Daylight Autonomy (sDA Preview) del complemento Insight Lighting para Revit 2023 debido a su integración con el entorno de modelado tridimensional.

El análisis adicional utilizó la herramienta Insight Lighting LEED v4 EQc7 opt2, que puede estimar los niveles de luz a las 9:00 am. y a las 15:00 pm en un plano de trabajo que se superpone 0,10 cm por encima del suelo, durante el solsticio de primavera: 21 de septiembre, respectivamente; El umbral de nivel aceptable es de 300 a 3000 lux. (Autodesk Insight, 2017)

### APLICACIÓN

Para mayor seguridad y precisión en el cálculo de variables se utilizó el software REVIT 2023 para realizar el modelo tridimensional y los análisis de iluminación diurna en cada una de las zonas de la vivienda siguiendo los parámetros de Daylight Autonomy y Leed v4, de esta manera obteniendo valores exactos de las áreas con iluminación diurna.

Una vez obtenidos los análisis para cada una de las unidades de la vivienda se procedió a medir los porcentajes por áreas de cada espacio, obteniendo una cifra en metros cuadrados y tres medidas adicionales que nos ayudan a ponderar mejor los resultados del análisis “por debajo del lumbral” “dentro del lumbral” y “por encima del lumbral”.



## PROCEDIMIENTO

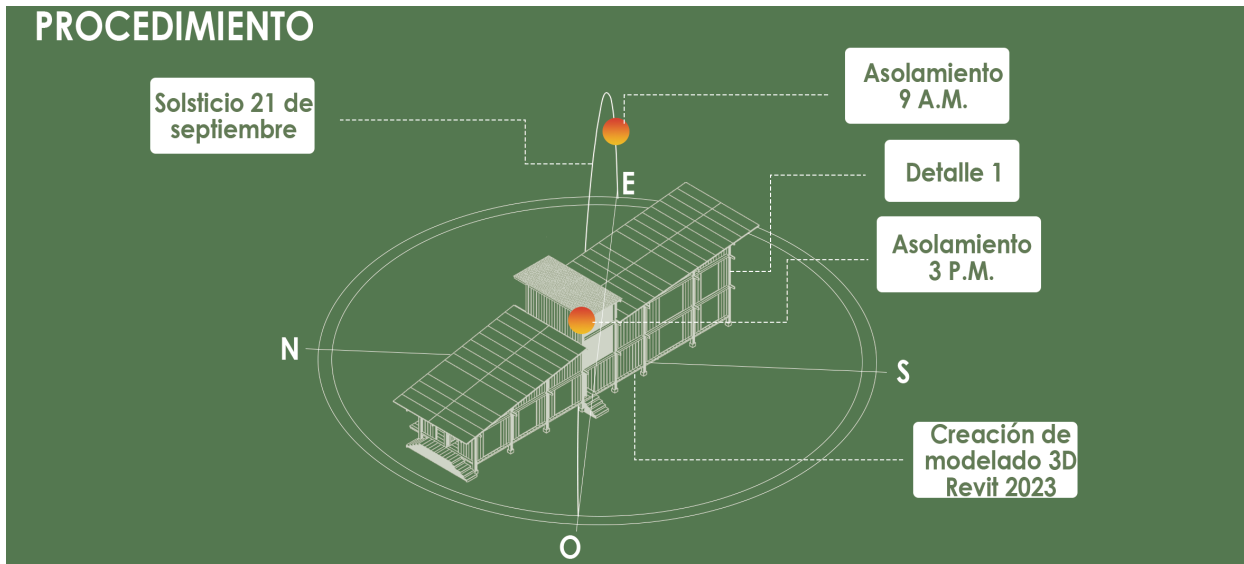


Figura 54. Representación gráfica de la variable “Iluminación diurna”

Fuente: Elaboración propia (2023).

## DETALLE 1

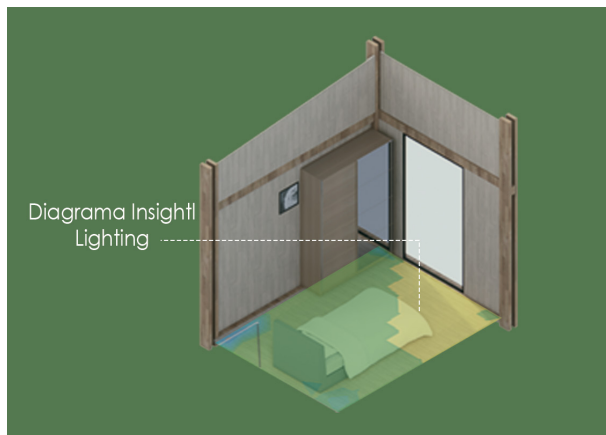


Figura 55. Representación gráfica de la variable “Iluminación diurna”

Fuente: Elaboración propia (2023).

## **ETAPA 3**

**Difusión de Resultados**



## 5. Resultados

### 5.1 Resultados Escala de Restauración Percibida

IMAGEN 1



Figura 56. Visualización del comedor y la cocina del caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 9. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida

IMAGEN 1		
Fascinación	FA 12	7,36
	FA 7	7,45
	FA 11	6,55
Estar Alejado	BA 1	9,00
	BA 5	8,82
	BA 4	8,82
Coherencia	COH 15	7,64
	COH 26	8,36
	N1	8,27
	N2	8,00
Alcance	FA 10	8,00
	N3	8,18

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Análisis**

La imagen 1 dentro de la categoría de Fascinación obtuvo un promedio de 7,12 ubicándose dentro de la escala en aceptable. Estar alejado arrojó un promedio de 8,88. Coherencia 8,07 y Alcance 8,09.

Para este caso 3 de las 4 categorías obtuvieron una ponderación “deseada”; Resalta el resultado en la categoría Estar Alejado por la facilidad de entendimiento que tiene la imagen de su entorno inmediato, una zona rodeada por la naturaleza propicio para las experiencias propuestas en las preguntas de este tipo. De igual manera se entiende el orden dentro del espacio, y se explica en la valoración de la categoría coherencia.

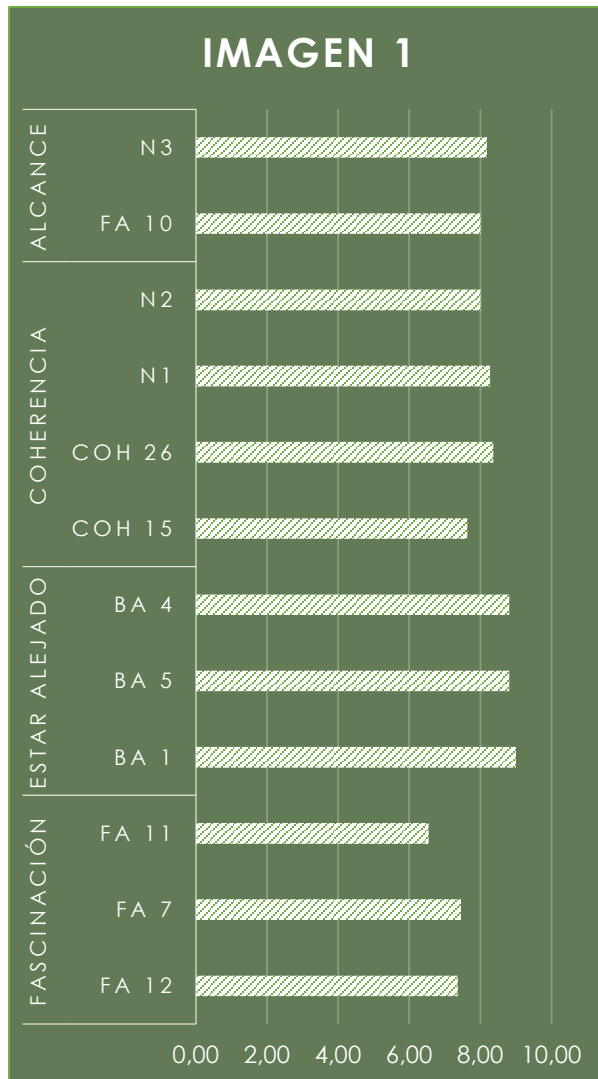


Figura 57. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta  
Fuente: Elaboración propia (2023).

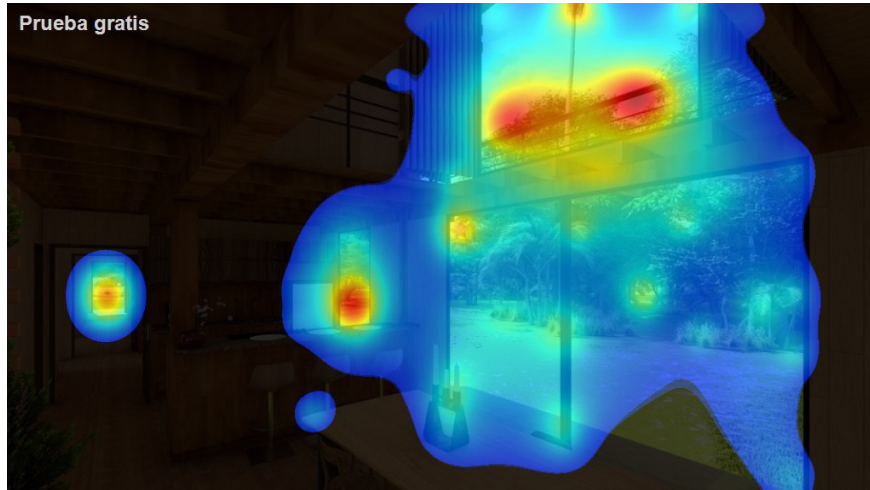


Figura 58. Mapa de Calor Imagen 1.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Dentro de análisis con la herramienta VAS podemos observar como los “hotspots” se encuentran centrados en aquellas zonas donde la naturaleza exterior es visible.

En este caso y como la literatura lo menciona, una mayor conectividad visual con la naturaleza representa un am-

biente con mayores cualidades restaurativas.

Es importante mencionar que dentro de la imagen también un foco de interés es el pasillo que conecta todas las áreas de la vivienda, el cual está relacionado con el patrón de biofilia “complejidad y orden”.

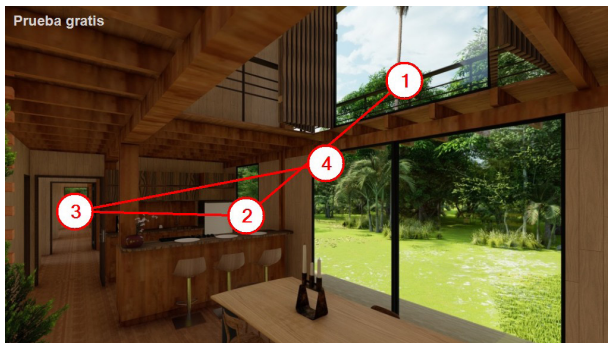
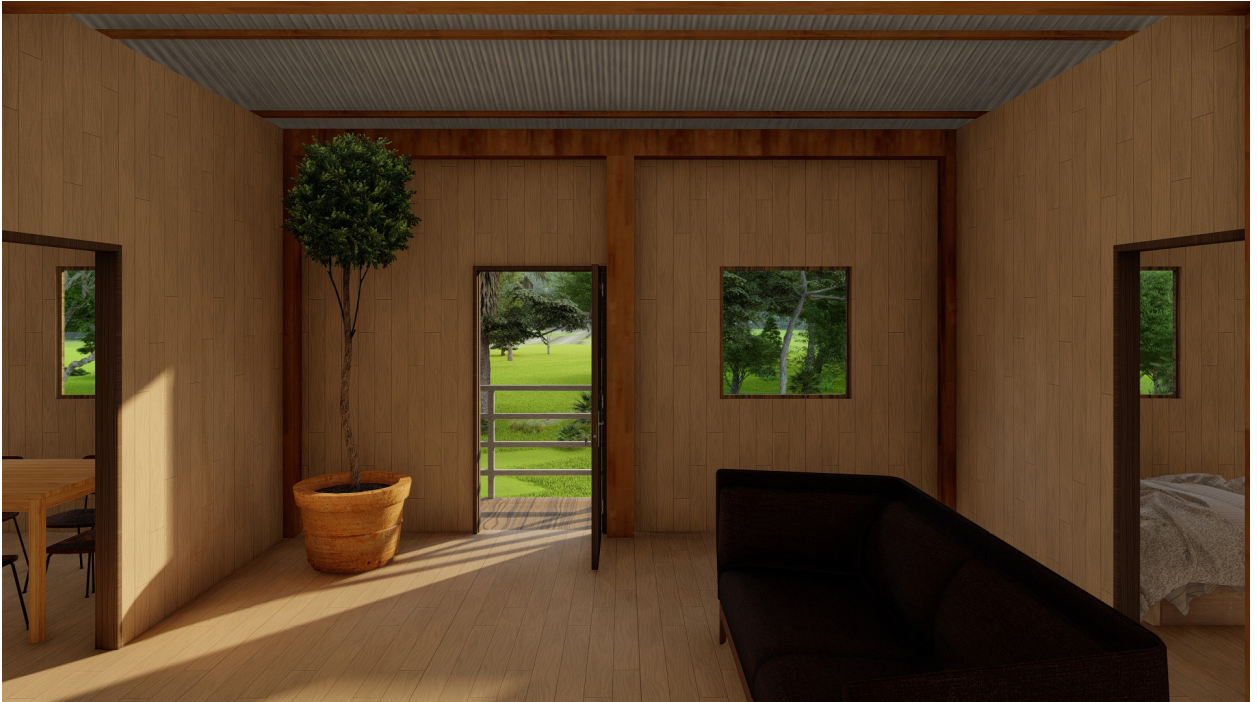


Figura 59. Mapa de secuencia Imagen 1.  
Fuente: Elaboración propia (2023).



Figura 60. Mapa de región Imagen 1.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

**IMAGEN 2**



**Figura 61. Visualización de la sala de estar del caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).**

Tabla 10. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida

IMAGEN 2		
Fascinación	FA 12	PROM
	FA 7	6,00
	FA 11	6,09
Estar Alejado	BA 1	6,00
	BA 5	7,82
	BA 4	7,82
Coherencia	COH 15	9,00
	COH 26	6,82
	N1	7,09
	N2	7,18
Alcance	FA 10	7,18
	N3	6,27

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Análisis**

El promedio para la categoría Fascinación es 6,03. El espacio interior de la sala del caso de estudio no presenta atributos biofílicos, por lo que su ponderación es “deficiente”.

A pesar de aquello, el promedio que obtuvo en la categoría Estar Alejado es positiva, con 8,21 se ubica en un rango de respuesta “deseada” Para la categoría de Coherencia la fotografía obtuvo una valoración aceptable, sin embargo, en Alcance con 6,55 no es suficiente para salir de la escala “deficiente”



Figura 62. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta  
Fuente: Elaboración propia (2023).



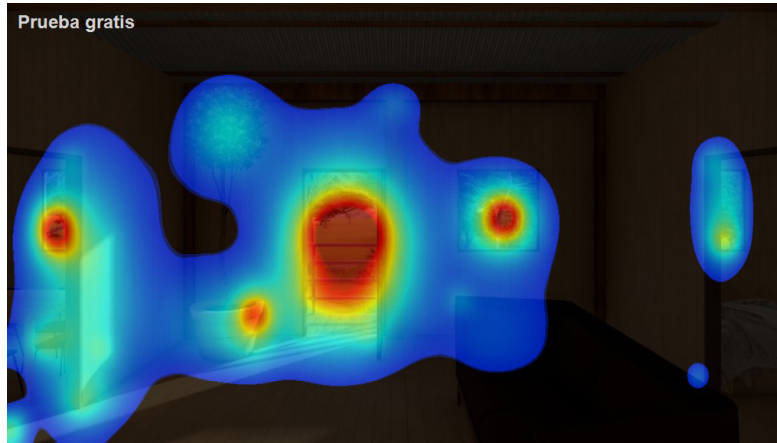


Figura 63. Mapa de Calor Imagen 2.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Para la Imagen 2 encontramos similitudes con el análisis de mapa de calor de la Imagen 1, la atención va a estar centrada en aquellos puntos que me den una referencia del contexto exterior a la vivienda.

La vista fue simulada de esta manera para entender como los usuarios entendían el orden del espacio que se

les presentaba; si bien se tiene la referencia del acceso principal, es posible la confusión debido a la falta de jerarquía de los espacios contiguos a la sala.

El mapa de calor corrobora esta afirmación mostrándonos como la atención se fragmenta en las diferentes puertas que tenemos en la visualización generada.

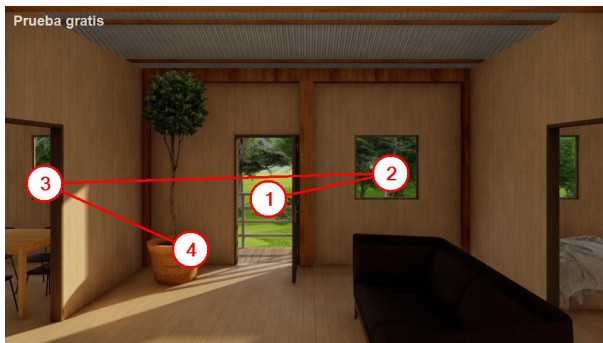


Figura 64. Mapa de Secuencia Imagen 2.  
Fuente: Elaboración propia (2023).



Figura 65. Mapa de Regiones Imagen 2.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

IMAGEN 3



Figura 66. Visualización exterior caso mejorado.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 11. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida

IMAGEN 3		
Fascinación	FA 12	8,91
	FA 7	9,00
	FA 11	8,82
Estar Alejado	BA 1	9,09
	BA 5	9,09
	BA 4	9,00
Coherencia	COH 15	8,55
	COH 26	8,73
	N1	8,73
	N2	8,64
Alcance	FA 10	8,82
	N3	8,82

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Análisis**

La Imagen 3 presenta una valoración “deseada” en cada una de las categorías de la escala de restauración. Esta imagen nos presenta el escenario de la propuesta de mejora desde una vista exterior. La combinación de materiales, la forma de la vivienda conjunto con la vegetación simulada nos da como resultado una valoración a la arquitectura biofílica muy alta.

El promedio de la categoría Estar Alejado es superior a los 9 puntos; las personas que realizaron la encuesta pueden tomar real dimensión del contexto inmediato y como en el no existe contacto cercano con otras personas u otras edificaciones.

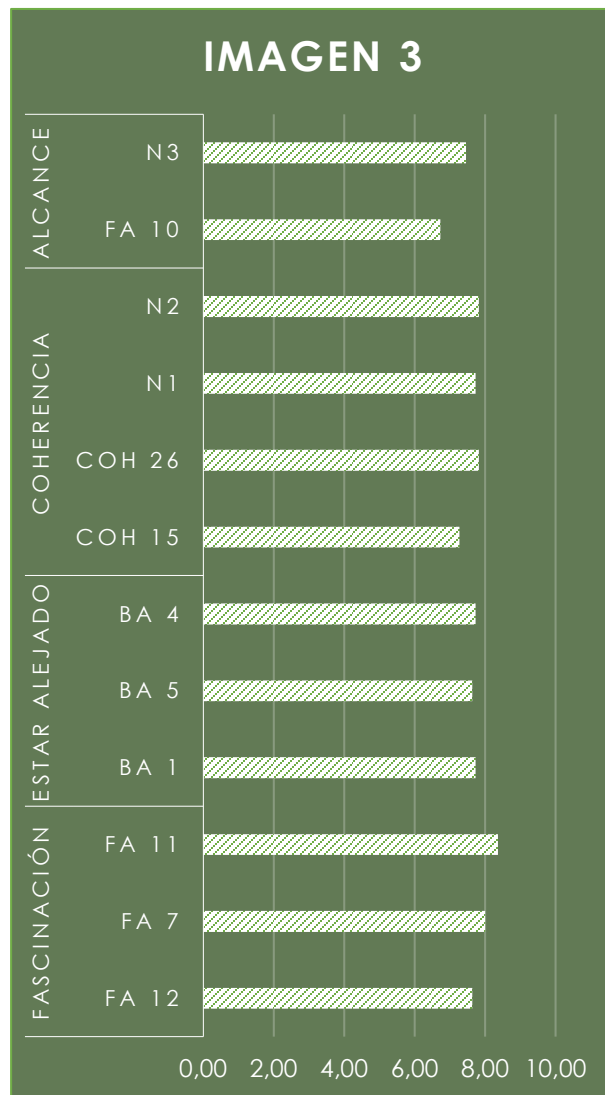
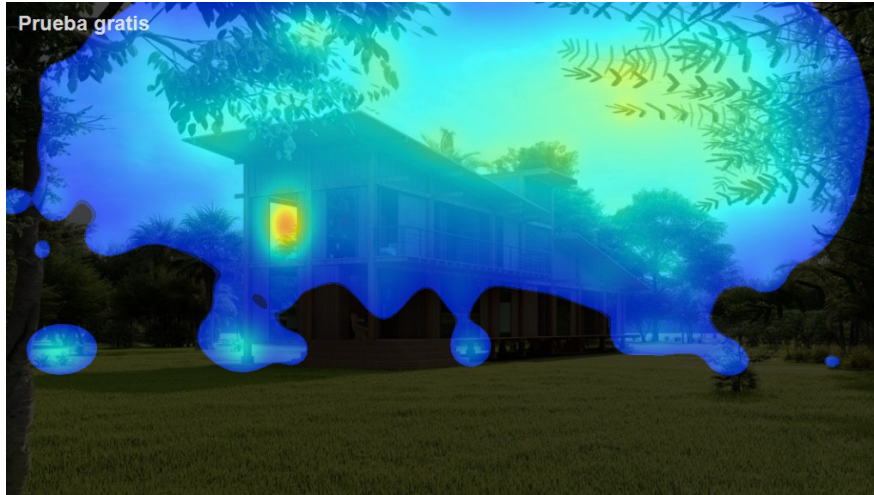


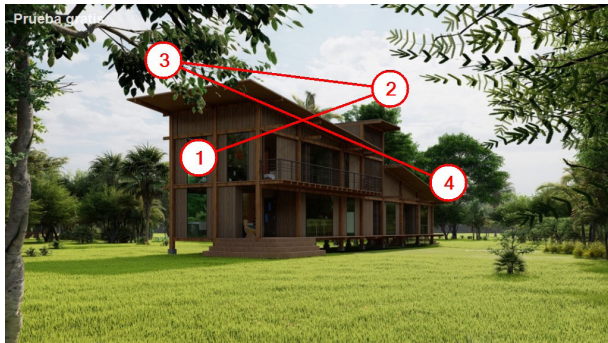
Figura 67. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta  
Fuente: Elaboración propia (2023).



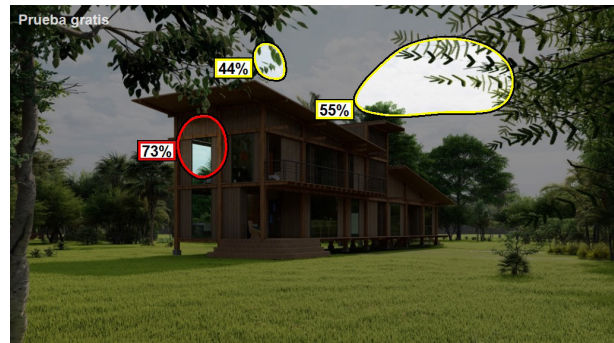
**Figura 68. Mapa de calor Imagen 3.**  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Para la imagen 3 es evidente que la información obtenida a través de la encuesta es congruente con el análisis de mapa de calor; la valoración positiva distribuida uniformemente dentro de las 4 categorías de la escala de restauración se traslada a un mapa de calor donde la atención no se encuentra focalizada en un punto especí-

fico de manera intensa, sino que esta atención se distribuye alrededor del objeto arquitectónico casi de manera uniforme, dándonos a entender que el beneficio se encuentra en las propiedades que el objeto arquitectónico puede brindar.



**Figura 69. Mapa de secuencia Imagen 3.**  
Fuente: Elaboración propia (2023).



**Figura 70. Mapa de Regiones Imagen 3.**  
Fuente: Elaboración propia (2023).

**IMAGEN 4**



**Figura 71. Visualización de una habitación del caso base  
Fuente: Elaboración propia (2023).**

Tabla 12. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida

IMAGEN 4		
Fascinación	FA 12	PROM
	FA 7	6,45
	FA 11	5,73
Estar Alejado	BA 1	5,45
	BA 5	6,91
	BA 4	5,91
Coherencia	COH 15	5,82
	COH 26	6,73
	N1	6,55
	N2	6,82
Alcance	FA 10	6,64
	N3	5,00

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Análisis**

En contraposición con la imagen anterior donde todos los valores eran los deseados, para el caso de la Imagen 4 cada una de las categorías nos entregan en promedio una valoración “deficiente”. La imagen corresponde a una de las habitaciones del caso base, esta habitación no posee cualidades biofílicas que puedan hacer que las personas le otorguen una valoración positiva.

Coherencia y Alcance son las categorías en las que la Imagen tiene valores más altos; la tipología del espacio, al ser muy reconocible que se trata de una habitación permite que se identifique el uso y el orden que debe tener este espacio.

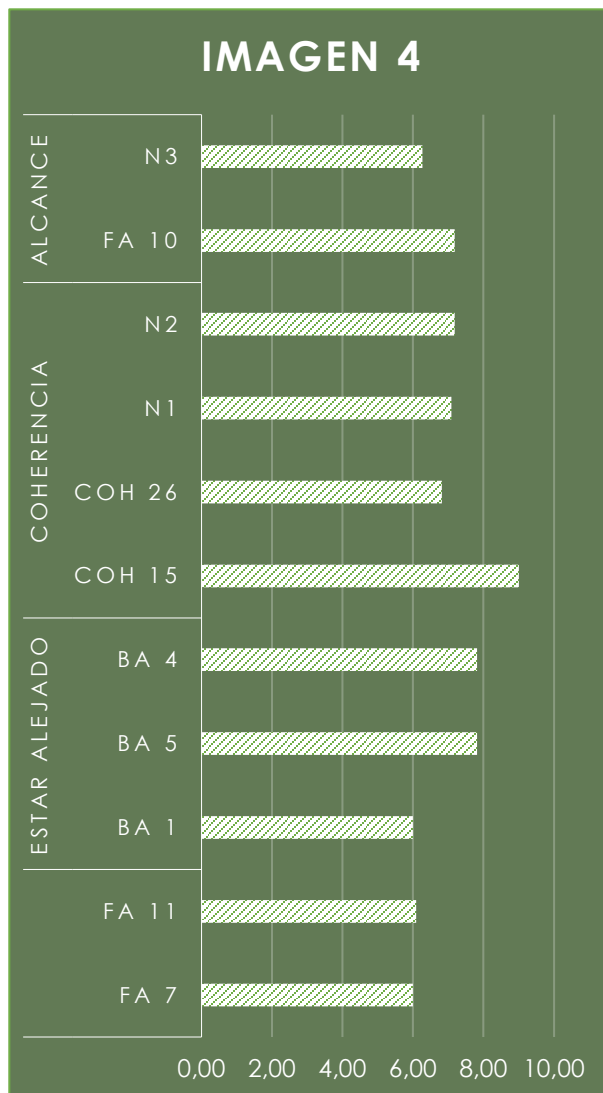


Figura 72. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta  
Fuente: Elaboración propia (2023).

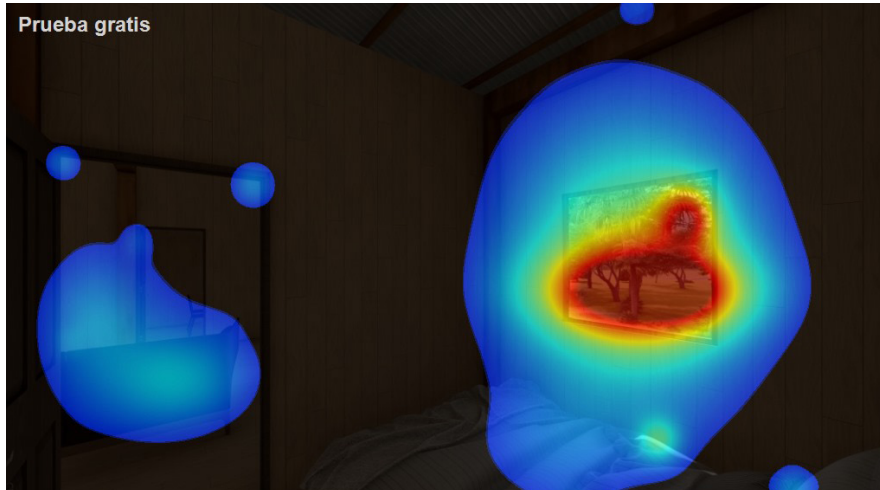


Figura 73. Mapa de calor Imagen 4.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Si bien para este punto entendemos que los mapas de calor nos muestran hacia que elemento de una composición las personas van a buscar un “beneficio”, en este caso es muy notorio como se intensifica esta búsqueda de algo a lo que podamos sacarle beneficio.

Esta observación no solo puede tomársela de esta manera, también podemos inferir en que no existe un elemento visible que pueda otorgarle valor, a nuestro espacio arquitectónico, solo aquel que me conecta con el exterior.



Figura 74. Mapa de Secuencia Imagen 4.  
Fuente: Elaboración propia (2023).



Figura 75. Mapa de Regiones Imagen 4.  
Fuente: Elaboración propia, 2023.

## IMAGEN 5



**Figura 76. Visualización de una habitación del caso mejorado.  
Fuente: Elaboración propia (2023).**



Tabla 13. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida

IMAGEN 5		
Fascinación	FA 12	7,64
	FA 7	8,00
	FA 11	8,36
Estar Alejado	BA 1	7,73
	BA 5	7,64
	BA 4	7,73
Coherencia	COH 15	7,27
	COH 26	7,82
	N1	7,73
	N2	7,82
Alcance	FA 10	6,73
	N3	7,45

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Análisis**

La primera observación va ligada a como el cambio en la configuración espacial (orientado con patrones de biofilia) nos lleva a darle una connotación al espacio, y eso es corroborado con las respuestas de las personas encuestadas. Los valores de las categorías se encuentran en un nivel “aceptable”, demostrándonos así que la percepción de un espacio que puede tener características restauradoras puede ser influenciada por la presencia o ausencia de cualidades biofílicas.

Por otro lado, si bien los datos cuantitativos nos mencionan que existe un beneficio en los entornos biofílicos, la diferencia contrastada con la unidad de análisis similar a esta (Imagen 4) no es significativamente superior, solo es mejor por un margen reducido. A diferencia de la Imagen 1 y la Imagen 2, donde también se comparte tipología de uso, en el caso de las habitaciones por las condiciones de habitabilidad (niveles de privacidad, de iluminación) los resultados no mostrarán un cambio sustancial como si sucede en las zonas de mayor interacción social.

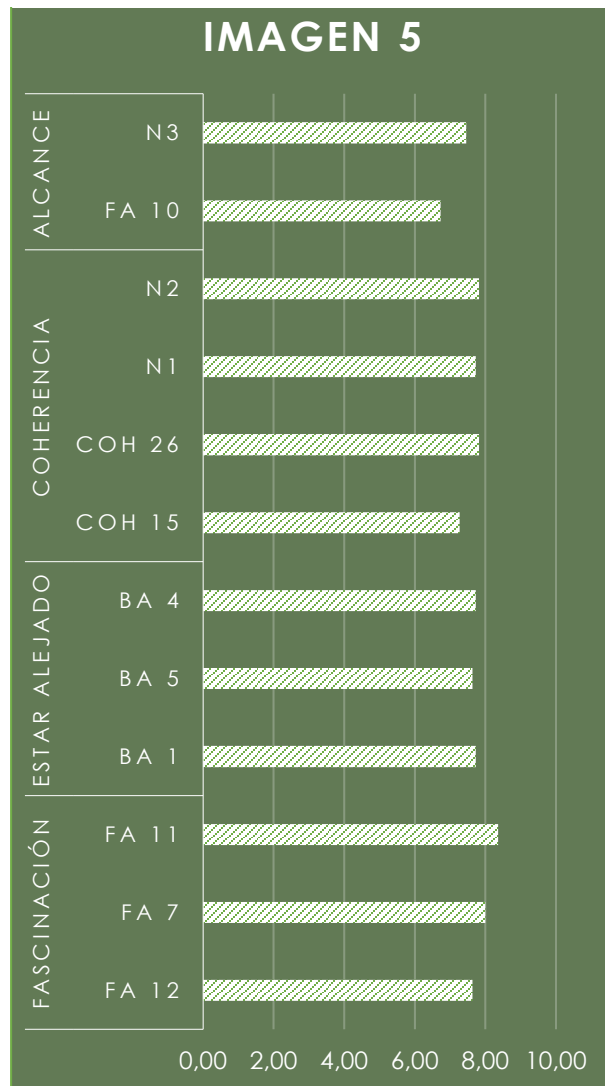
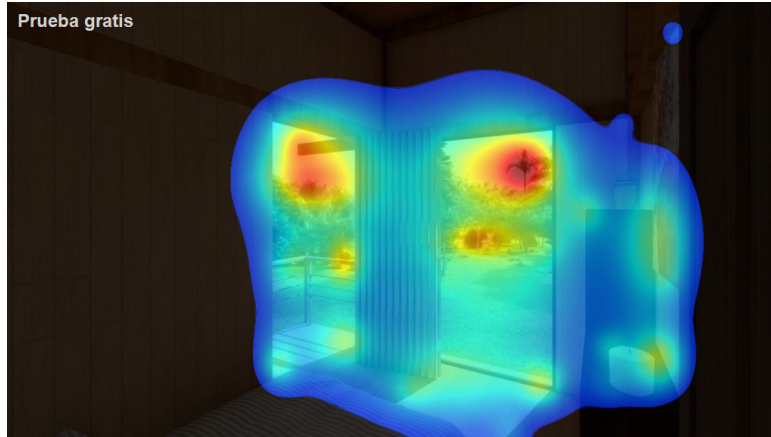


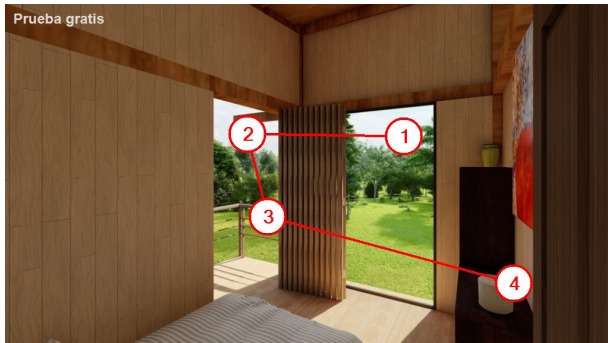
Figura 77. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta  
Fuente: Elaboración propia (2023).



**Figura 78. Mapa de calor Imagen 5.**  
Fuente: Elaboración propia (2023).

De igual manera, continuando con la lógica presentada en el análisis de esta imagen, podemos realizar una comparativa con la Imagen 4, en donde la atención estaba demasiado focalizada en un solo punto de interés, sin embargo, en la propuesta de mejora se obtiene que un mayor campo de cobertura; la atención que se ve distri-

buida de una mejor manera, a pesar de que como ya se mencionó, los datos no reflejan un cambio extremadamente drástico, las mejoras sin son notorias.



**Figura 79. Mapa de secuencia Imagen 5.**  
Fuente: Elaboración propia (2023).



**Figura 80. Mapa de Regiones Imagen 5.**  
Fuente: Elaboración propia (2023).

**IMAGEN 6**



**Figura 81. Visualización exterior caso base.  
Fuente: Elaboración propia (2023).**

Tabla 14. Valores finales de la Encuesta de Restauración Percibida

IMAGEN 6		
Fascinación	FA 12	PROM
	FA 7	5,55
	FA 11	6,64
Estar Alejado	BA 1	6,36
	BA 5	6,91
	BA 4	7,09
Coherencia	COH 15	6,36
	COH 26	6,64
	N1	8,00
	N2	7,55
Alcance	FA 10	8,09
	N3	7,27

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Análisis**

La Imagen 6 representa la zona exterior del caso base, con las mismas condicionantes ambientales de la Imagen 3, sin embargo, los resultados que se obtiene de la encuesta varían. Fascinación y Estar Alejado son dos categorías que tienen una valorización “deficiente”, debido a que si bien el contexto me puede dar una referencia de cual sería la percepción del usuario, el objeto arquitectónico que no posee cualidades biofílicas no permite relacionar adecuadamente estas ideas con lo que se presenta en la imagen.

Coherencia y Alcance tienen valores “aceptables”, sin embargo, no son lo suficiente tomando en cuenta los resultados de la propuesta de mejora. Podemos concluir en esta imagen que la sola presencia de elementos naturales no es suficiente para que se perciba un entorno como restaurador; las cualidades del objeto arquitectónico tienen una influencia importante.

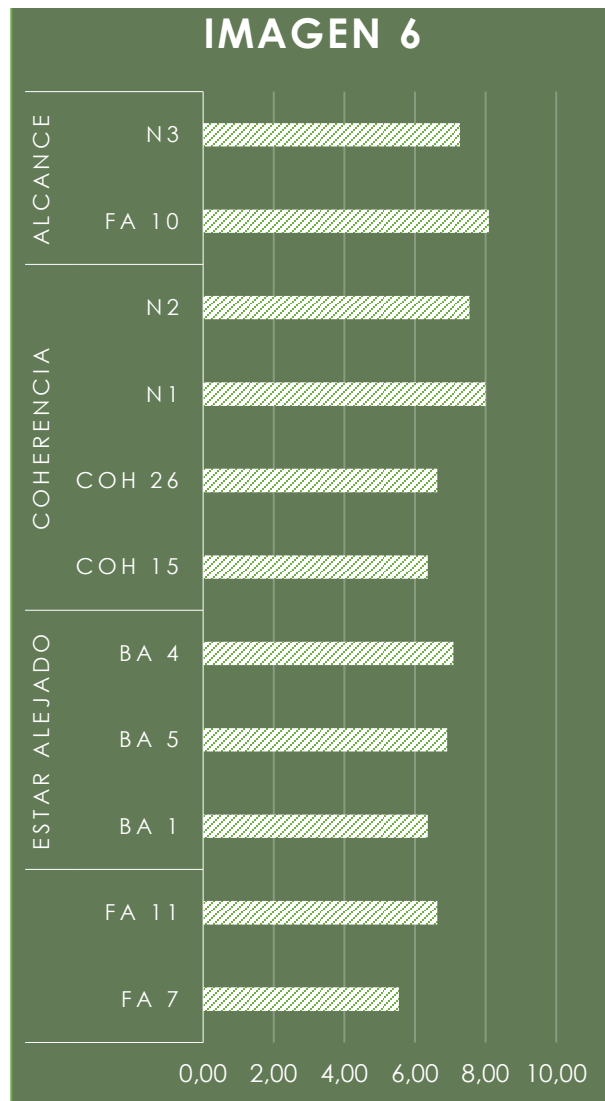


Figura 82. Gráfico de relación entre los ítems de la encuesta  
Fuente: Elaboración propia (2023).

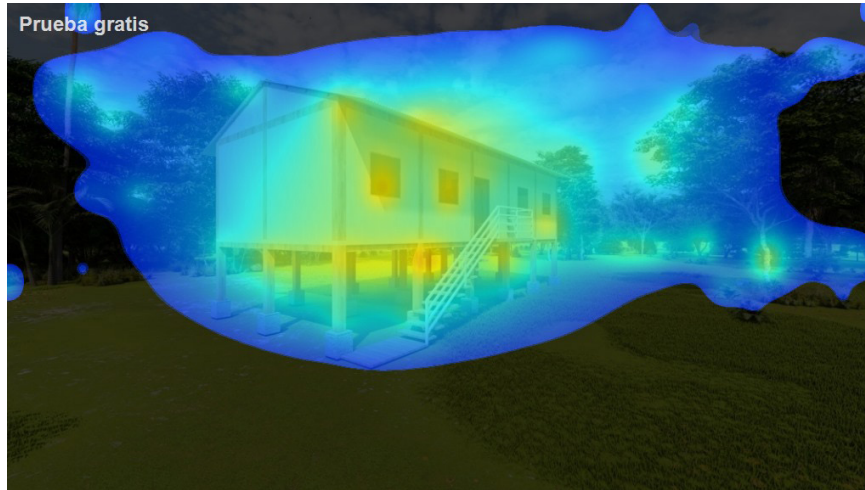


Figura 83. Mapa de calor Imagen 6.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

El mapa de calor de esta imagen nos presenta los puntos de interés distribuidos en el objeto arquitectónico nuevamente, dándonos a entender que la atención de las personas va a fijarse en los valores estéticos del objeto arquitectónico, a pesar de tener un contexto natural con elementos visuales en donde nuestra atención se puede concentrar.

El escaneo mental que realizamos sobre una imagen como potenciales usuarios en este caso en específico va a buscar cualidades sobre las cuales yo pueda obtener un rédito, por esta razón la valorización negativa a diferencia de la propuesta de mejora responde a las pocas cualidades que los encuestados encuentran en el caso base.

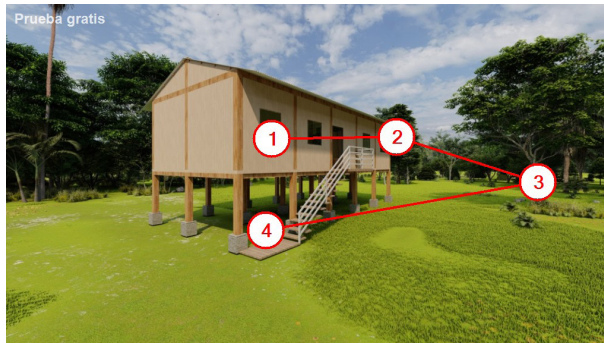


Figura 84. Mapa de secuencia Imagen 6.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

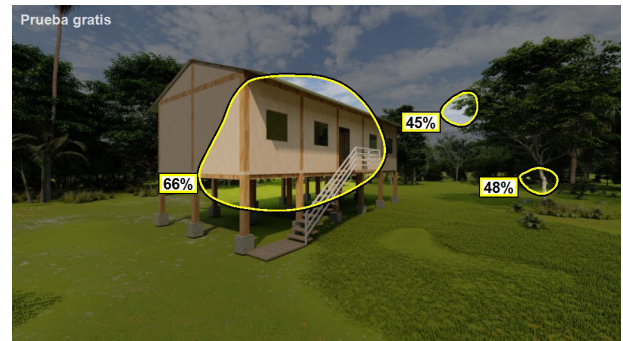


Figura 85. Mapa de Regiones Imagen 6.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

## 5.2 Resultados Sintaxis Espacial

### CONECTIVIDAD

Caso Base

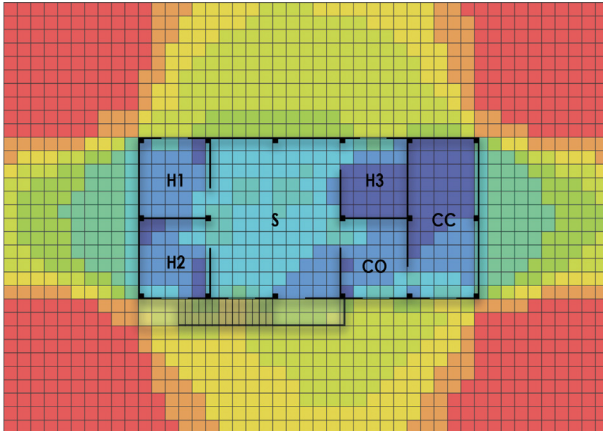


Figura 86. Planta Caso Base. Variable "conectividad"  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Caso Mejorado

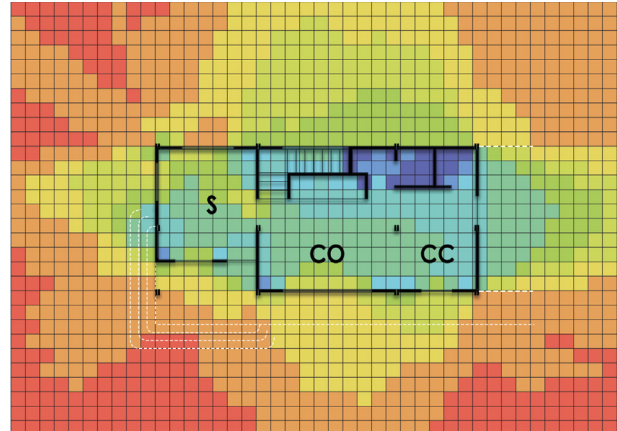


Figura 87. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable "conectividad"  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 15. Valores finales Conectividad Visual

CONECTIVIDAD VISUAL		
Unidad	Caso Base	Caso Mejorado
H1	158,4	247,5
H2	159,7	167,6
H3	132,5	134,5
S	233	375,9
CO	183,3	360,3
CC	133,7	312,8
<b>TOTAL</b>	<b>166,77</b>	<b>266,43</b>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

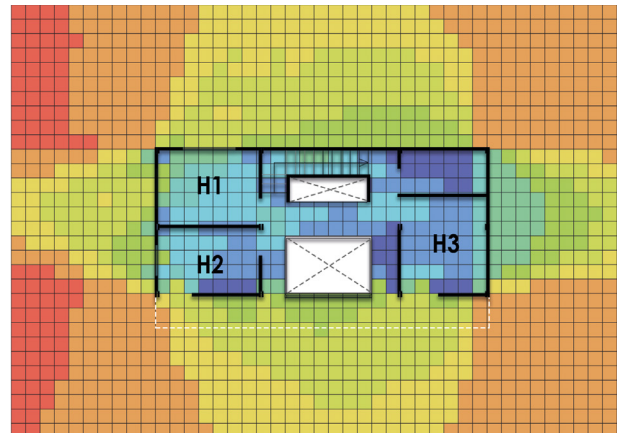


Figura 88. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable "conectividad"  
Fuente: Elaboración propia (2023).

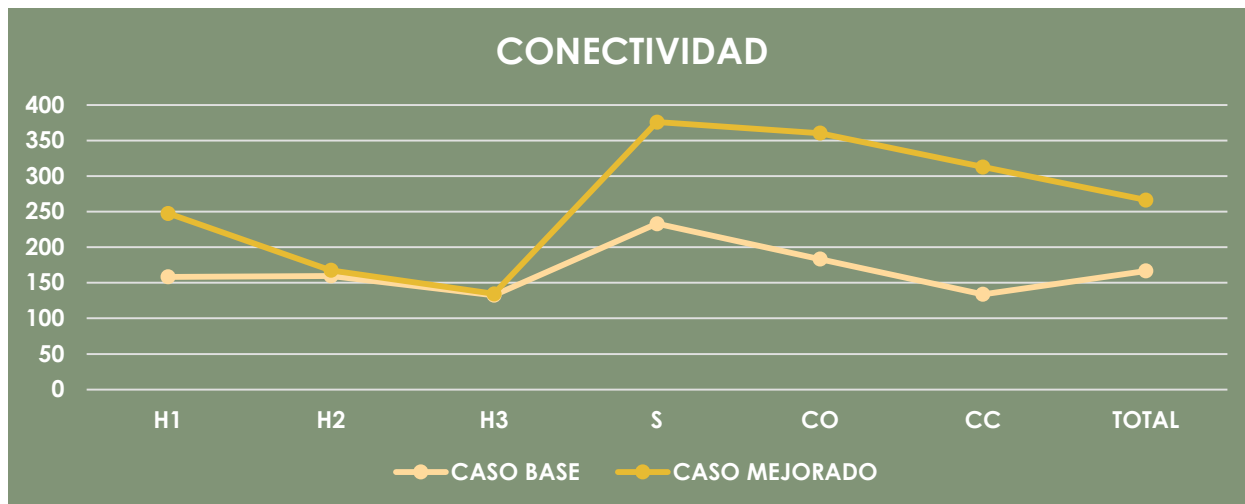


Figura 89. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado  
Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Análisis de Resultados**

Los valores de conectividad dentro del caso mejorado evidencian una mejoría en todos los ambientes de la vivienda. Estos resultados se explican por el cambio de las áreas en las superficies que permiten tener una conexión visual directa con el entorno; el caso base nos presentaba espacios con una sola salida visual hacia el exterior. Dentro de las propuestas de mejora, a cada espacio se procuró otorgarle más de una salida, o en su defecto, una mayor superficie.

Si bien en todos los ambientes de la propuesta de mejora se obtienen valores superiores al caso base, es notorio que los espacios de convivencia social (S, CO, CC) tienen una valoración aún más positiva, esto se debe a que son zonas que tienen una flexibilidad mayor a su configura-

ción espacial; como pudimos observar, en el caso base CO y CC sin ambientes separados por una división, una decisión de diseño (guiada por patrones de biofilia) fue generar un monoambiente entre ambos, algo que en las unidades H1, H2, H3, no existe la posibilidad de realizar, debido a la naturaleza del ambiente, en donde las habitaciones deben mantener un grado de privacidad moderado.

Una mejora en la conexión con la naturaleza representa una estancia más prolongada y placentera en espacios de convivencia, y en zonas de descanso.

## INTEGRACIÓN

Caso Base

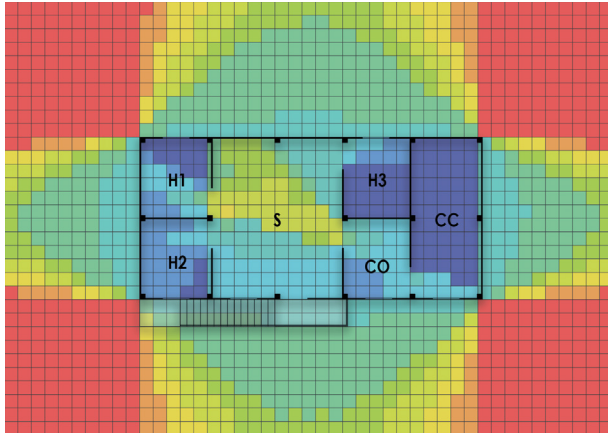


Figura 90. Planta Caso Base. Variable "integración"  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Caso Mejorado

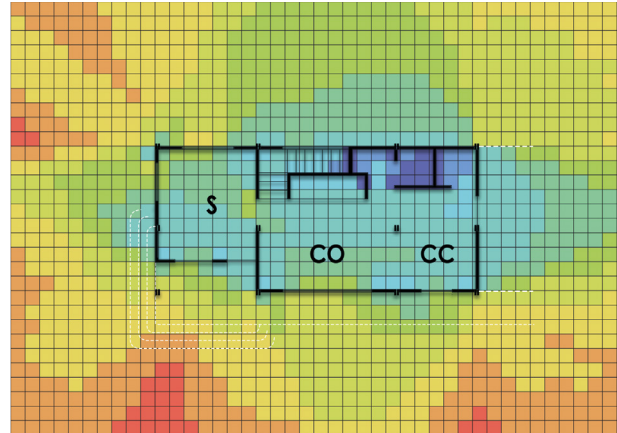


Figura 91. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable "integración"  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 16. Valores finales Integración

INTEGRACIÓN		
Unidad	Caso Base	Caso Mejorado
H1	7,86	8,6
H2	7,75	7,64
H3	6,7	7,58
S	9,01	10,83
CO	6,46	10,83
CC	4,79	10,01
TOTAL	7,10	9,25

Fuente: Elaboración propia, 2023.

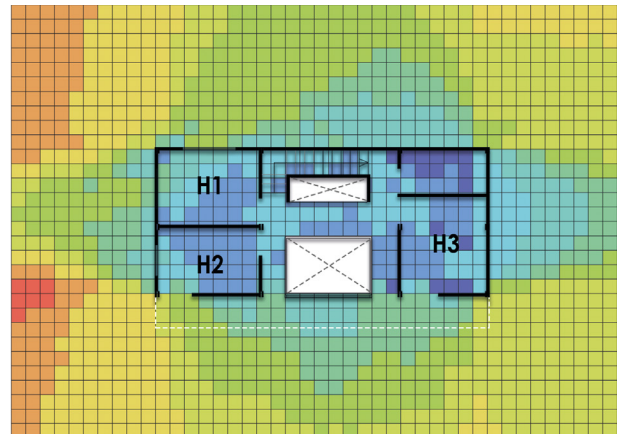


Figura 92. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable "integración"  
Fuente: Elaboración propia (2023).



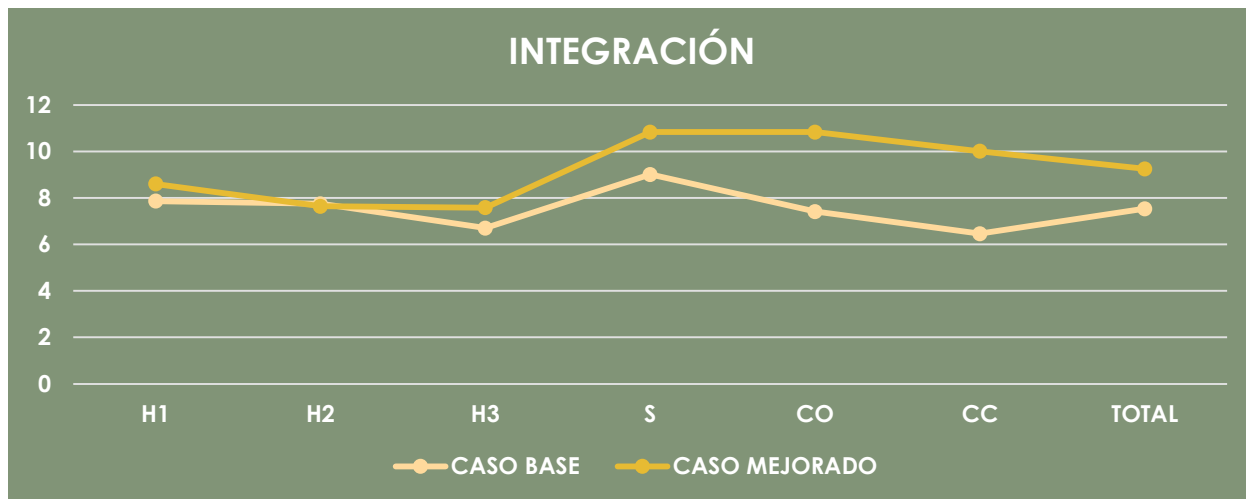


Figura 93. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado  
Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Análisis de Resultados**

Integración es otra métrica en donde el caso mejorado obtiene una valoración positiva. Nuevamente la decisión de eliminar separaciones en los espacios sociales (S, CO, CC) nos da como resultado una planta con mejor integración que en los mismos ambientes del caso base. A pesar de lo mencionado, S dentro del caso base tiene una valoración aceptable, debido a la posibilidad de llegar a 4 ambientes diferentes a partir de el (H1, H2, H3, CO).

La observación anterior denota que las zonas de descanso H1, H2, y H3 no difieren demasiado en los resultados de ambos casos; inclusive una unidad de análisis (H3) es superior en el caso base. Estos resultados deben ser interpretados a partir de entender que la métrica evalúa la cantidad de zonas a las que un ambiente puede tener acceso y entenderse como un sistema conectado; las ha-

bitaciones en el caso base como ya se mencionó tienen una directa conexión con el área social, mientras que en el caso mejorado estas tienen una privacidad dada por el nivel donde se encuentran.

El análisis del nivel de integración de los espacios permite determinar en qué medida los patrones del espacio como categoría se ven manifestados en los casos de estudio, además, permite medir la característica biofílica “integración de las partes con el todo”; esta categoría del diseño biofílico nos permitió tomar decisiones como eliminar divisiones en las zonas sociales, sin embargo, una decisión arquitectónicamente sustentada, como ubicar las habitaciones en otro nivel, dentro de esta métrica no encuentra un beneficio adicional.

## INTELIGIBILIDAD

**Caso Base**

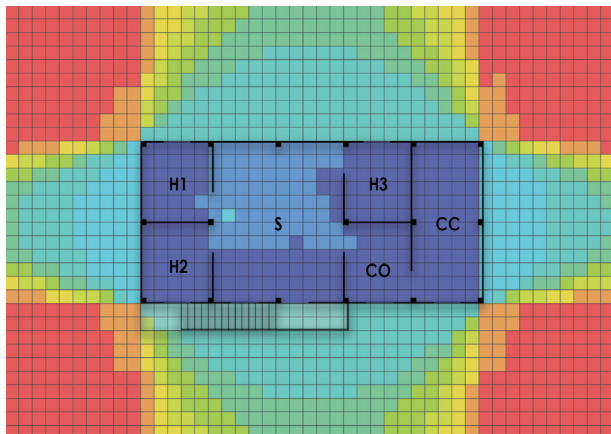


Figura 94. Planta Caso Base. Variable “inteligibilidad”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

**Caso Mejorado**

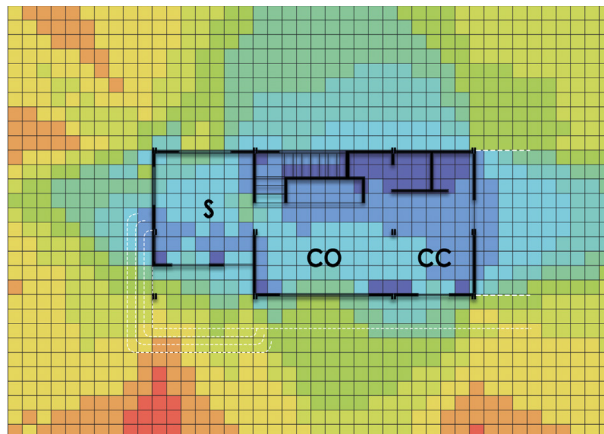


Figura 95. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable “inteligibilidad”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 17. Valores finales Inteligibilidad

INTELIGIBILIDAD		
Unidad	Caso Base	Caso Mejorado
H1	1264,66	2241,74
H2	1268,85	1416,02
H3	983,56	1004,14
S	2124,22	4173,15
CO	1387,49	3982,84
CC	917,21	3174,31
<b>TOTAL</b>	<b>1324,33</b>	<b>2665,37</b>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

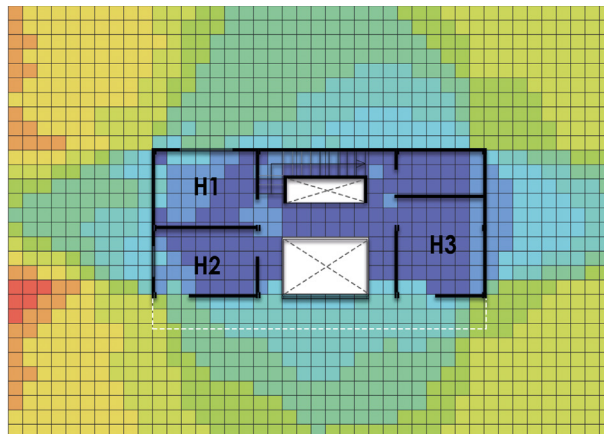


Figura 96. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable “inteligibilidad”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

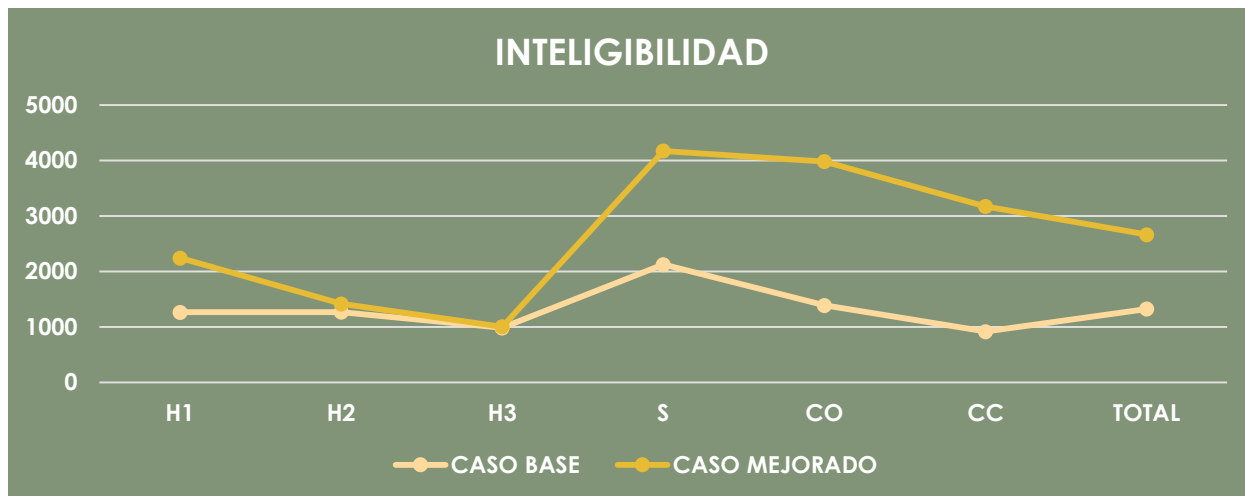


Figura 97. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado  
Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Análisis de Resultados**

Al igual que las métricas anteriores, la Inteligibilidad tiene una valoración más positiva en las zonas sociales que en las de descanso dentro de la propuesta de mejora. Dentro del caso base el análisis de inteligibilidad es casi uniforme en todos los ambientes, ninguna unidad de análisis posee características que le eleven su valoración, sin embargo, tampoco existen factores negativos que vayan en su detrimento.

El patrón biofílico que se analizó con esta métrica fue “percepción del tiempo y movimiento” que como ya se mencionó en el apartado de aplicación metodológica, la evidencia de estudios e investigaciones la utilización del patrón mejora la experiencia de usuarios en un espacio al tener una configuración espacial que facilite el moverse y recorrer fluidamente un lugar.

Los valores del caso base se explican a partir de la configuración espacial de su planta; no existe una lectura limpia de cuales son los recorridos y los caminos se el usuario debe tomar para llegar a un lugar específico. Mencionado esto, los espacios del caso mejorado principalmente los sociales poseen un valor muy alto de inteligibilidad debido a que su característica monoambiente permite que sea muy sencillo identificar los recorridos y flujos de la vivienda.

Las personas que ingresan a la vivienda tienen la información visual al instante de cual es espacio de estancia, cual es la zona de comedor y cocina, así como el recorrido hacia las habitaciones a través de la escalera, todo esto en los primeros metros de recorrido a partir del ingreso principal.

## COEFICIENTE DE AGRUPAMIENTO

Caso Base

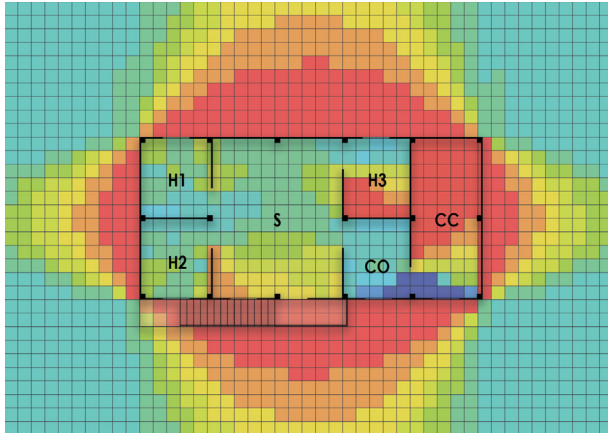


Figura 98. Planta Caso Base. Variable “agrupamiento”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Caso Mejorado

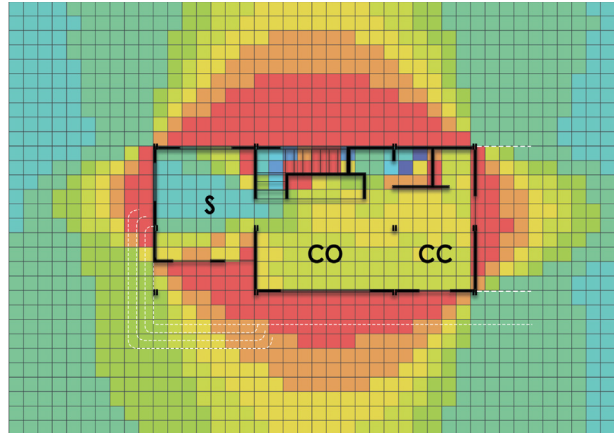


Figura 99. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable “agrupamiento”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 18. Valores finales Agrupamiento

COEFICIENTE DE AGRUPACIÓN		
Unidad	Caso Base	Caso Mejorado
H1	0,7111	0,8207
H2	0,7277	0,7798
H3	0,8312	0,7947
S	0,7663	0,7593
CO	0,6380	0,8300
CC	0,9017	0,8359
<b>TOTAL</b>	<b>0,76</b>	<b>0,80</b>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

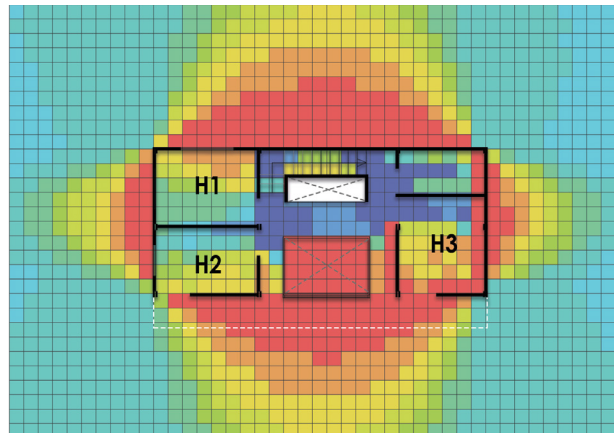


Figura 100. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable “agrupamiento”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

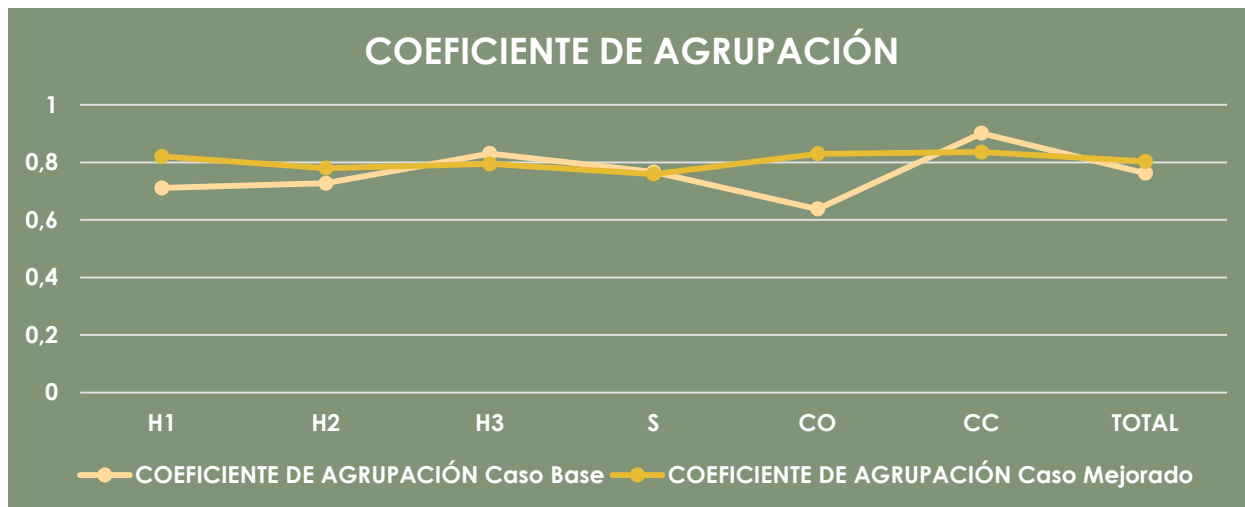


Figura 101. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado  
Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Análisis de Resultados**

El coeficiente de agrupamiento visual para ambos casos se encuentra en un nivel similar, con unidades en el caso base que superan al caso mejorado. El coeficiente dentro del estudio nos permitía analizar el patrón de “panorama” puesto que la intención del principio es generar vistas que tengan un amplio campo visual, y la métrica analiza el alcance visual de cada una de las celdas tomando en consideración las “barreras visuales” que se tienen.

Los valores de CO y S en el caso mejorado son ligeramente superiores a los del caso base; las celdas de análisis pueden conectarse con las de otros ambientes en un porcentaje superior, aunque este sea muy reducido.

El valor de CC es superior en el caso base, esto se debe a que el análisis a través del software entiende a la cocina

del caso base como un ambiente “agrupado”; las celdas de análisis pueden ser visibles por todas las celdas del ambiente, sin embargo, debido a la división (pared) no pueden ser vistas por las de los otros ambientes. En términos sencillos, la cocina del caso base tiene un panorama excelente para ver todos los rincones de esta, sin embargo, no puede ver de a misma manera a los otros ambientes.

La explicación de la poca o nula mejora del patrón dentro del caso mejorado pasa por la escala del estudio que se llevó a cabo; la vivienda como tipología posee una escala muy pequeña para que los datos sean significativos. El ancho de las celdas en esta métrica en específico no permite tener un análisis más exacto de los espacios.

## ENTROPIA

Caso Base

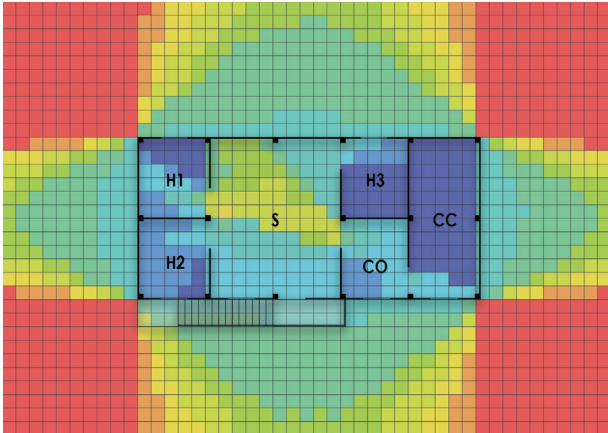


Figura 102. Planta Caso Base. Variable “entropía”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Caso Mejorado

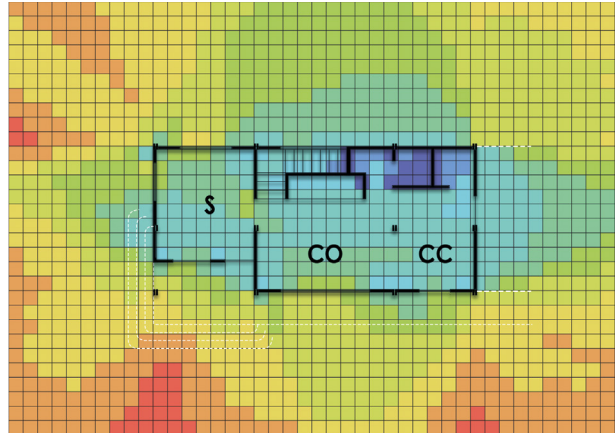


Figura 103. Planta Caso Mejorado nivel 1. Variable “entropía”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 19. Valores finales Entropía

ENTROPIA		
Unidad	Caso Base	Caso Mejorado
H1	1,3546	1,3848
H2	1,4222	1,3710
H3	1,5819	1,1054
S	1,2513	1,3316
CO	1,1991	1,0342
CC	1,6225	1,0922
TOTAL	1,41	1,22

Fuente: Elaboración propia, 2023.

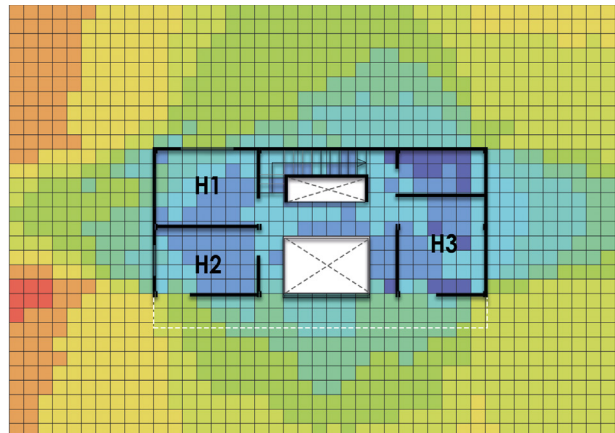


Figura 104. Planta Caso Mejorado nivel 2. Variable “entropía”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

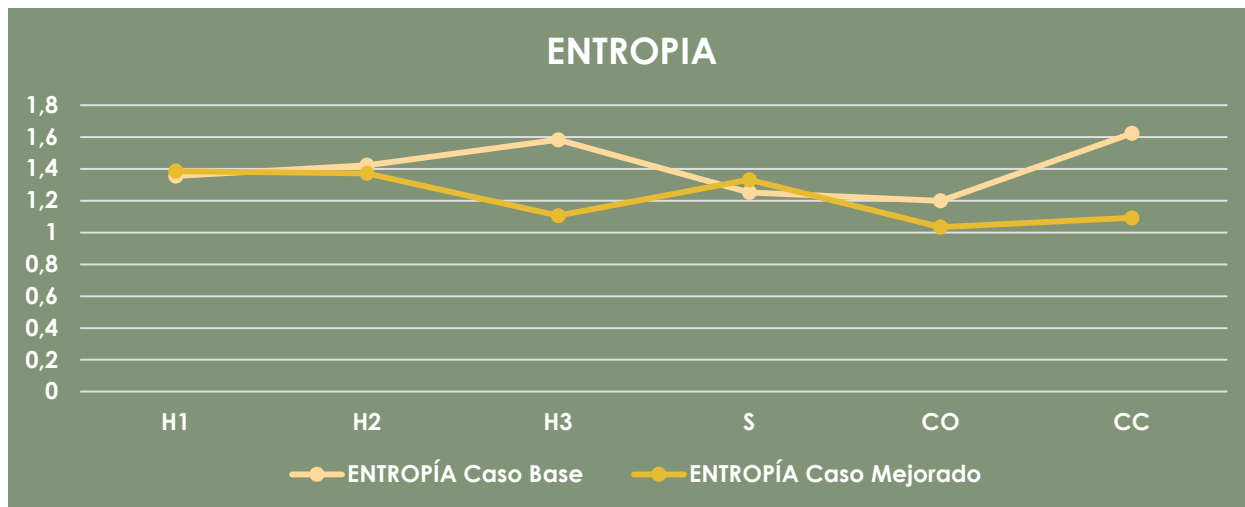


Figura 105. Gráfico de relación entre caso base y caso mejorado  
Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Análisis de Resultados**

La entropía es la única métrica donde si los valores del caso base son superiores al caso mejorado es un resultado positivo. Una mayor entropía visual significa que el orden es pobre, mientras que un espacio con entropía baja significa que el orden es adecuado.

Para H1 es ligeramente superior en el caso mejorado. Por su parte, H2 y H3 cumplen con el postulado, en el caso base la valoración es más alta que los mismos espacios en el caso mejorado.

Dentro de las zonas sociales, CO y CC cumplen también con lo esperado, el nivel de entropía es bajo, por lo que es un espacio que tiene un orden claro. S es una zona que posee una entropía alta en el caso mejorado, esto se explica porque a diferencia de CO y CC que se encuen-

tran fusionados, S tiene barreras visuales que no permite que forme parte conjunta de los espacios sociales.

Entropía es otra métrica que mide una categoría del espacio, pero que sin embargo nuevamente debido a la escala del estudio no puede arrojar resultados más significativos, a pesar de esto es un acercamiento que entrega información con mucho valor.

## 5.3 Resultados Sintaxis Natural

Tabla 20. Valores finales de las métricas de análisis

MÉTRICAS DE ANÁLISIS						
UNIDAD DE ANÁLISIS	PERMEABILIDAD		NATURALIDAD DE LA VISTA		VISIBILIDAD NATURAL	
	C.B.	C.M.	C.B.	C.M.	C.B.	C.M.
H1	0,03	0,15	0,1	0,22	0,06	0,22
H2	0,03	0,15	0,1	0,35	0,06	0,25
H3	0,03	0,15	0,15	0,175	0,09	0,16
S	0,04	0,26	0,175	0,525	0,11	0,39
CO	0,03	0,27	0,15	0,475	0,09	0,37
CC	0,03	0,08	0,05	0,325	0,04	0,2

Fuente: Elaboración propia (2023).

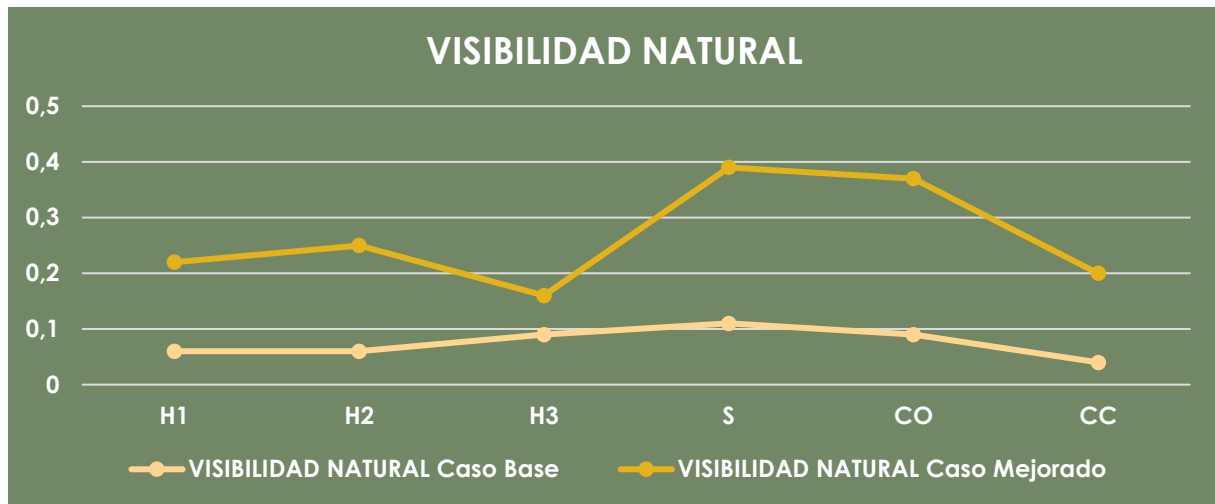


Figura 106. Representación gráfica de los parámetros de la variable “naturalidad de la vista”

Fuente: Elaboración propia (2023).



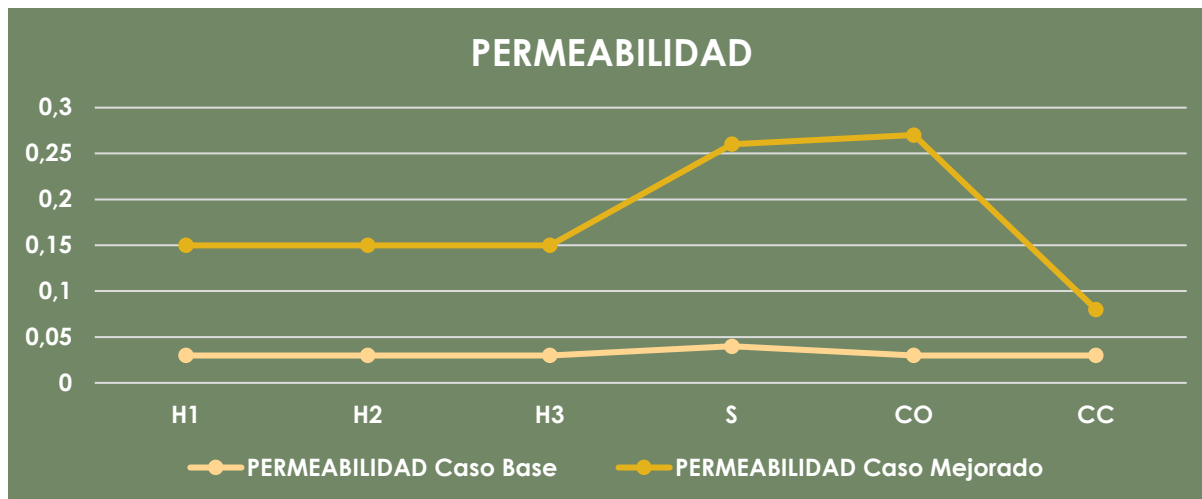


Figura 107. Representación gráfica de los parámetros de la variable “naturalidad de la vista”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

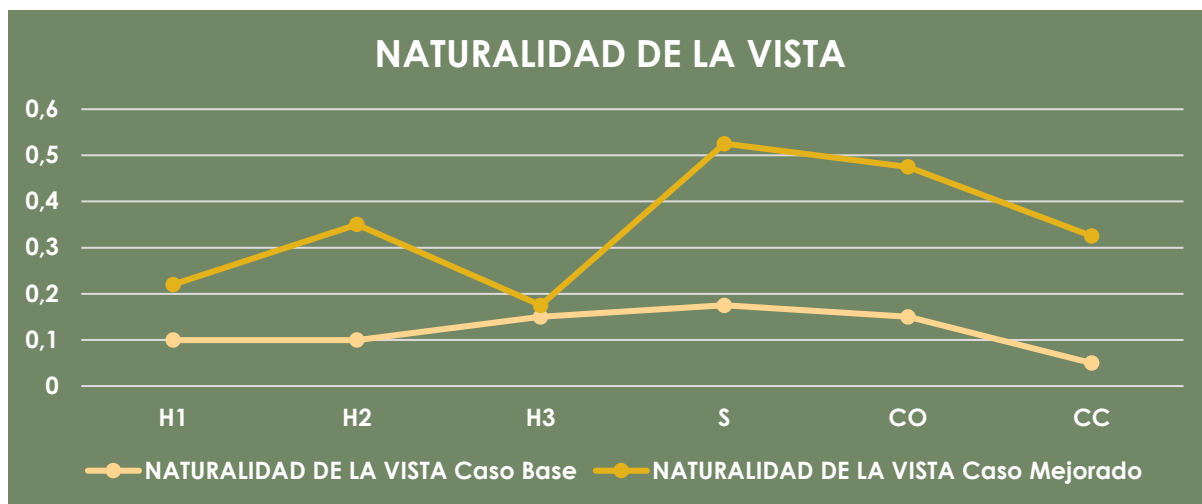


Figura 108. Representación gráfica de los parámetros de la variable “naturalidad de la vista”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

- **Análisis de Resultados**

***Permeabilidad***

Los valores de permeabilidad en el caso base no superan el 5% del total de la superficie de los ambientes, esto se debe a que en este caso solo se cuenta con una salida visual hacia el exterior, una única ventana cuya dimensión es siempre un metro cuadrado.

Estos valores aumentan significativamente en el caso mejorado, las decisiones de diseño tomadas como aumentar las salidas visuales a dos por ambiente, y el cambio en la dimensión de estas produjo un aumento de entre 5 a 9 veces más que el valor que se tiene en el caso base, con un promedio de 17% de superficie permeable en los ambientes.

Las áreas sociales S y CO son aquellas que poseen un valor de permeabilidad más alto (0,26 y 0,27 respectivamente), gracias a la flexibilidad que estos ambientes poseen para implementar mejoras; S posee 3 salidas visuales con el exterior, mientras que CO aumenta su resultado a ser una zona con doble altura, por ende, es contabilizada la dirección “superior” como una superficie permeable.

***Naturalidad de la Vista***

Los valores de Naturalidad de la Vista en el caso base superan en su mayoría el 10% (promedio de 12%), una mejora en referencia a la anterior variable. Esto se debe principalmente a las características del entorno, resultantes del mapa de cobertura vegetal; al ser una zona rural agrícola permite tener una cantidad de vegetación abundante en todas las direcciones, sin embargo, en el estudio se tuvo especial detalle en qué tipo de “naturalidad” se puede observar en cada dirección.

Los valores difieren de 1 o son 1 si lo que se observa tiene algún grado de intervención antrópica; un grupo de

árboles frutales ubicados indistintamente y de manera aleatoria en el espacio llega a la ponderación de 1, pero una zona de cultivos, a pesar de tener un carácter “natural” va a disminuir su valoración debido a la intervención del ser humano, quién plantó y dispuso este tipo de vegetación.

El mismo principio se utilizó en el análisis del caso mejorado, la valoración de cuán natural es la vista va a estar influenciada por el tipo de vegetación que se observa. En este análisis los valores alcanzan en promedio un 34%, una mejora de más del 200% por sobre los valores del caso base, esto en gran medida por el aumento de las dimensiones y la cantidad de las superficies que permiten hacer visible el exterior.

***Visibilidad Natural***

La relación entre la permeabilidad y la naturalidad de la vista nos da como resultado en el caso base un promedio de 0,075, es decir menos del 8%, lo cual ubica a nuestro caso de estudio dentro de la escala propuesta en “deficiente”. Por su parte la propuesta de mejora tiene un promedio de 0,265, un 27% de la valoración final.

Dentro de la escala propuesta el valor de toda la vivienda es “aceptable”, incluyendo a dos unidades de análisis que superan el 30% (S con 0,39 y CO con 0,37), que indica que estos ambientes se encuentran dentro de los valores “deseados” de nuestra escala de medición.

Los resultados muestran que la propuesta de mejora pudo elevar la cantidad de naturaleza visible, llegando a valores aceptables, y en un par de casos, valores deseados. Esto se traduce en un aumento de probabilidad de aprovechar los beneficios de la conexión visual con la naturaleza, la visión panorámica y los beneficios de la luz natural, que son los patrones que se evaluaron en la metodología.

## 5.4 Resultados CBE 3D

El presente estudio se enfocará en el análisis de los resultados obtenidos a través de la metodología denominada “CBE 3D”. Dicho análisis se llevará a cabo de manera secuencial, dividido en tres etapas. En primer lugar, se presentará el análisis de los resultados correspondientes al caso base. Posteriormente, se abordarán los resultados del caso mejorado. Por último, se analizará la zona agro-productiva con el fin de realizar una comparación exhaustiva de las viviendas tanto en el contexto del caso base como en el del caso mejorado.

Este enfoque secuencial permitirá una evaluación rigurosa y sistemática de los datos obtenidos a lo largo del estudio, favoreciendo la comprensión y el contraste de los resultados en busca de posibles mejoras en la metodología “CBE 3D”.

### RESULTADOS CONFORT TERMICO (CASO BASE)

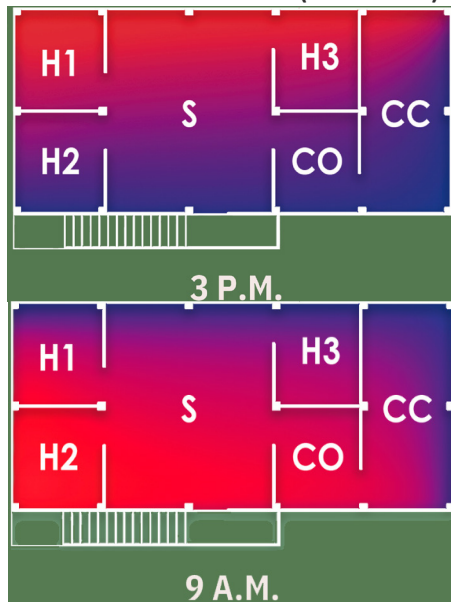


Figura 109. Representación de la metodología “CBE 3D caso base”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Los resultados del análisis a las 9:00 am revelaron la presencia de un inconfort térmico predominante en la mayoría de las zonas evaluadas, evidenciándose temperaturas elevadas en relación con el rango de confort térmico establecido. El promedio obtenido en la escala de Valor Predictivo Medio (PMV) fue de 2.6. De acuerdo con los hallazgos las áreas H2, H3, S y CO son las que presentaron mayores índices de calor.

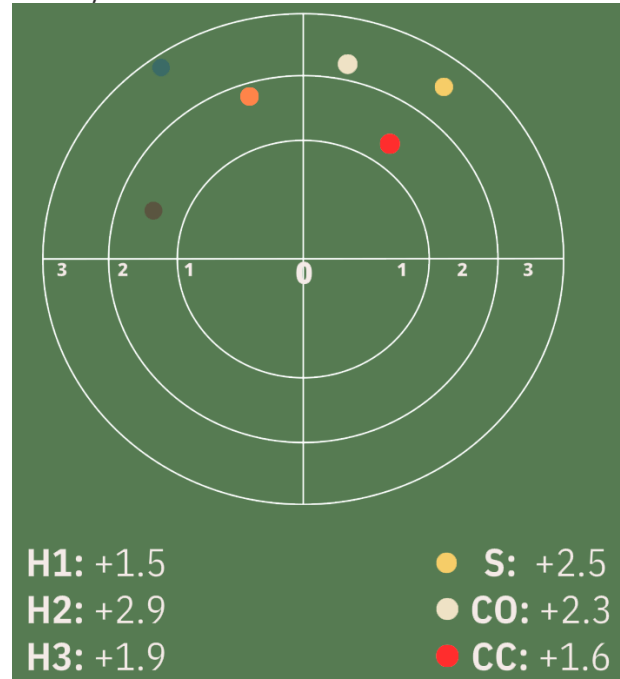


Figura 110. Gráfica de resultados “CBE 3D caso base 9:00 am”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

El análisis efectuado a las 15:00 horas ha expuesto que el fenómeno de malestar térmico continúa presente, lo que sugiere que las condiciones ambientales aún no han experimentado cambios significativos. Las áreas particularmente afectadas por un exceso de calor son aquellas designadas como H1, H3 y S, lo que demanda especial atención.

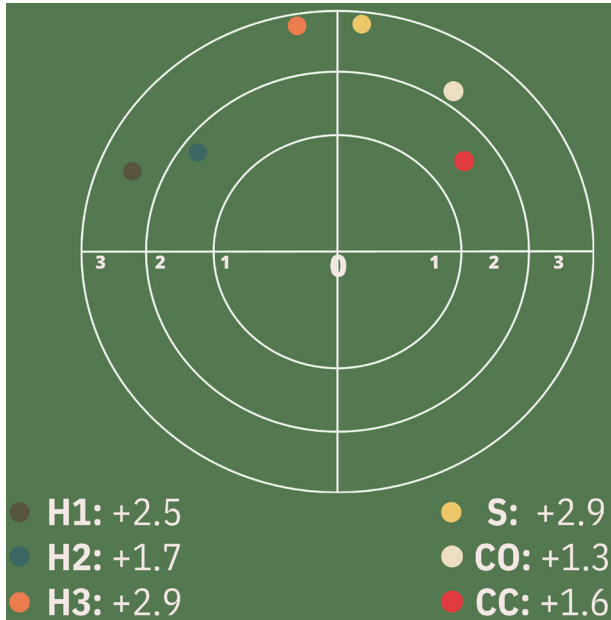


Figura 111. Representación de resultados "CBE 3D caso base 15:00"  
Fuente: Elaboración propia (2023).

### RESULTADOS CONFORT TERMICO (CASO MEJORADO)

Es relevante destacar que el caso de mejora en la zona de la vivienda incluye más áreas que el caso base. Por esta razón, hemos realizado una ponderación de los resultados, centrándonos únicamente en las zonas que son comunes tanto al caso base como al caso mejorado, con el fin de obtener conclusiones más precisas.

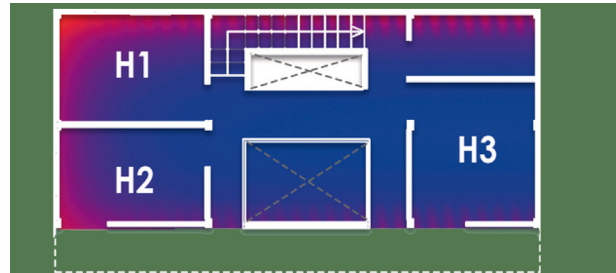
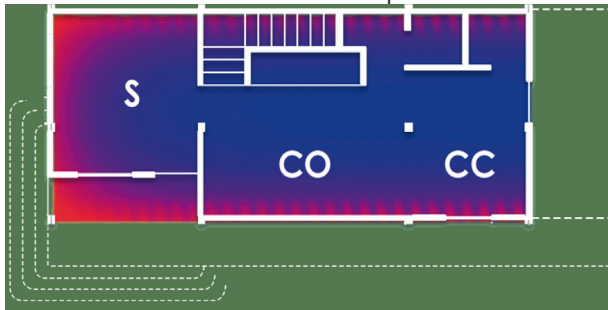


Figura 112. Representación gráfica de la metodología "CBE 3D caso mejorado 9:00 am."  
Fuente: Elaboración propia (2023).

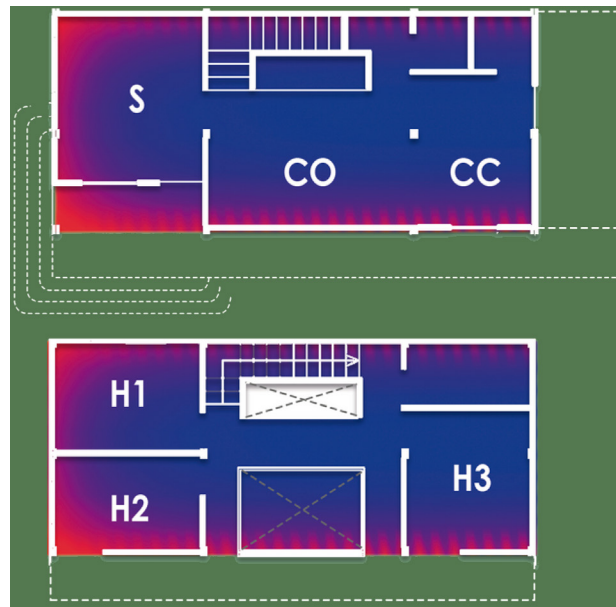


Figura 113. Representación gráfica de la metodología "CBE 3D caso mejorado 15:00 pm."  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Los análisis efectuados a las 9:00 a. m. muestran mejoras significativas en el confort térmico de las áreas de la vivienda; sin embargo, aún se observa la presencia de inconfort en la zona H1, que presenta un valor de +1.7 en la escala PMV. Por otro lado, el resto de las áreas se encuentran dentro del rango de confort térmico adecuado.

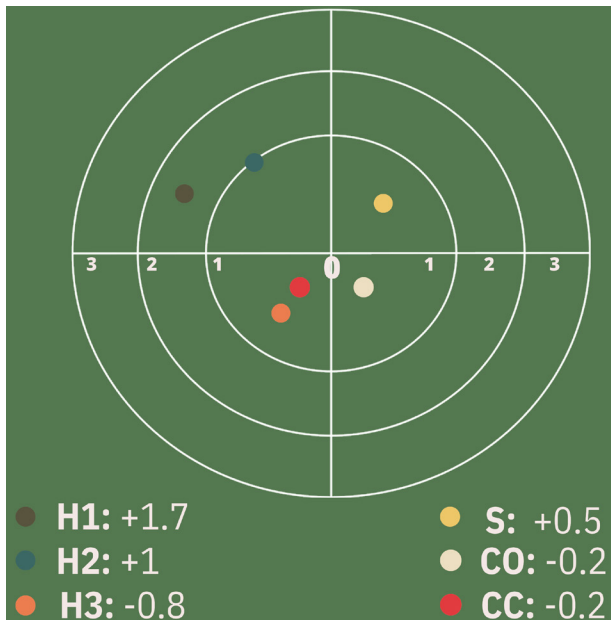


Figura 114. Representación gráfica de resultados "CBE 3D caso mejorado 9:00am"

Fuente: Elaboración propia (2023).

El análisis realizado a las 15:00 pm demuestra un control óptimo de las condiciones térmicas en el entorno estudiado. Este hallazgo es respaldado por la ausencia de fluctuaciones significativas y una amplia proporción de áreas que se mantienen en el rango de confortabilidad deseado.

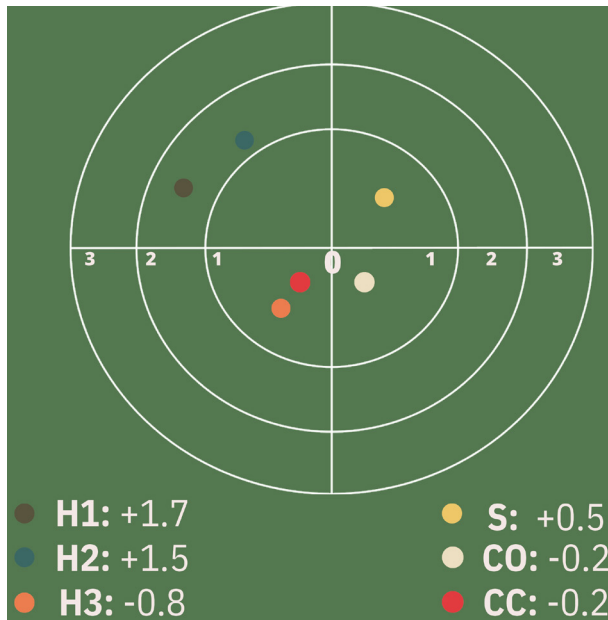


Figura 115. Representación gráfica de resultados "CBE 3D caso mejorado 15:00pm"

Fuente: Elaboración propia (2023).

### RESULTADOS CONFORT TERMICO (ZONA AGRO-PRODUCTIVA)

Concluyendo con las fases del enfoque metodológico conocido como "CBE 3D", procederemos a examinar los resultados obtenidos en la zona productiva.



Figura 116. Representación gráfica de resultados "CBE 3D zona agro-productiva 9:00am"

Fuente: Elaboración propia (2023).

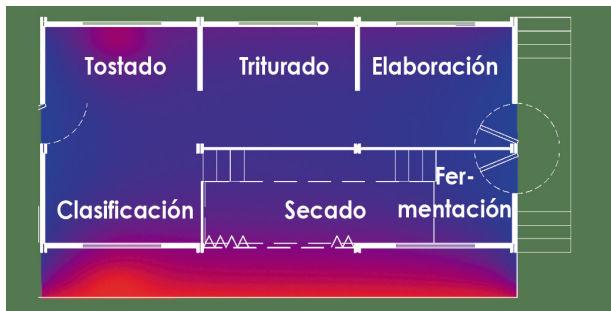


Figura 117. Representación gráfica de resultados "CBE 3D zona agro-productiva 15:00pm"

Fuente: Elaboración propia (2023).

### RESULTADOS CONFORT TERMICO (ZONA AGRO-PRODUCTIVA)

Concluyendo con las fases del enfoque metodológico conocido como "CBE 3D", procederemos a examinar los resultados obtenidos en la zona productiva.

A las 9:00 a.m., los resultados obtenidos revelan que la gran mayoría de las zonas se encuentran dentro del rango de confort térmico, destacando la zona de "Elaboración" como la más calurosa, con un rango de +1.2 respecto a la referencia, y un promedio general de 0.8 en dicha variable.



Figura 118. Representación gráfica de la metodología "CBE 3D caso mejorado 9:00 am (Zona agro-productiva)"  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Los resultados derivados del análisis de confort térmico revelan que a las 15:00 horas, las áreas de tostado, triturado y elaboración experimentan una notable disminución en la temperatura radiante media. No obstante, es posible apreciar que las áreas en estudio se mantienen dentro del rango de confort. Siendo la zona de secado la mas elevada

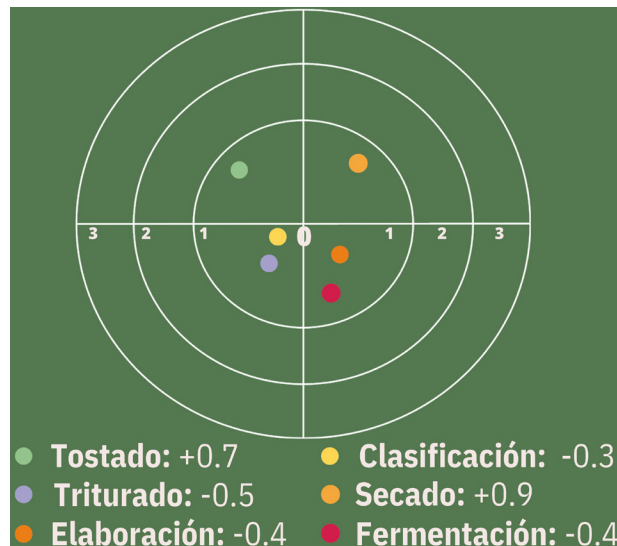


Figura 119. Representación gráfica de la metodología "CBE 3D caso mejorado 15:00 pm (Zona agro-productiva)"  
Fuente: Elaboración propia (2023).

## 5.5 Resultados Insight Lighting

Conforme a los propósitos académicos del presente estudio, se llevó a cabo una evaluación de todos los resultados alcanzados, abarcando tanto el caso base como el caso mejorado objeto de análisis.

La metodología empleada en esta investigación fue previamente mencionada y aplicada durante todo el proceso de análisis.

### RESULTADOS DE ILUMINACIÓN DIURNA (CASO BASE)

El análisis de iluminación diurna se llevó a cabo en varias etapas. La primera de ellas consistió en examinar el caso base en dos momentos específicos: a las 9:00 am y a las 15:00 pm dentro del lumbral establecido en la metodología de 300-3000 luxes.

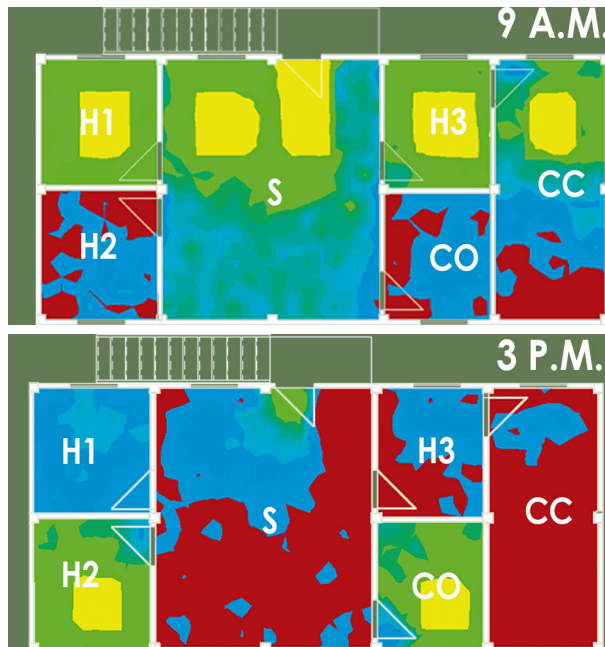


Figura 120. Representación gráfica de la metodología "Iluminación diurna caso base"

Fuente: Elaboración propia (2023).

El rendimiento obtenido del parámetro "dentro del umbral" establecido de 300-3000 lux indican que a las 15:00 pm la vivienda recibe la menor cantidad de iluminación natural, lo que resulta en un nivel considerado "Inadecuado" según la norma "space daylight autonomy". En contraste, los resultados obtenidos a las 9:00 am muestran que los niveles de iluminación alcanzan un estado "óptimo" y "adecuado" de acuerdo con la misma normativa.

Tabla 21. Resultados Dentro del lumbral 9:00 am y 15:00 pm

Resultados dentro de umbral de 9		
	9:00 a.m.	15:00 P.M.
<b>Nombre</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
H1	81%	19%
H2	52%	0%
H3	71%	29%
CO	68%	10%
CC	68%	0%
S	85%	13%
<b>Promedio</b>	<b>71%</b>	<b>12%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Los resultados derivados del parámetro "por encima del umbral" revelan que a las 9:00 am, las áreas con una mayor incidencia de iluminación natural son identificadas como H1 y H3, excediendo los niveles de iluminación requeridos con un promedio total de sobre iluminación del 12%. Por otro lado, a las 15:00 pm, estas mismas zonas sobre iluminadas experimentan una disminución significativa, alcanzando un promedio total del 5%.

Tabla 22. Resultados Por encima del umbral 9:00 am y 15:00 pm

Resultados del Por encima del umbral		
	9:00 am	15:00 pm
Nombre	%	%
H1	19%	0%
H2	0%	16%
H3	29%	0%
CC	10%	0%
CO	0%	16%
S	13%	0%
Promedio	12%	5%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

El análisis del resultado correspondiente al parámetro “por debajo del umbral” revela que a las 9:00 a.m., la zona con la mayor ponderación es la H2, exhibiendo un déficit lumínico del 48%. En conjunto, el análisis presenta un promedio total del 17% por debajo del umbral requerido. No obstante, a las 15:00 p.m., estos resultados experimentan un aumento significativo, especialmente en las zonas CC y S, las cuales exhiben un déficit lumínico que supera el 60% del valor requerido. El promedio total de estas áreas alcanza el 33%, un valor que no se encuentra con déficit lumínico según la metodología utilizada.

Tabla 23. Resultados por debajo del umbral 9:00 am y 15:00 pm

Resultados del Por debajo del umbral		
	9:00 am	15:00 pm
Nombre	%	%
H1	0%	0%
H2	48%	0%
H3	0%	46%
CC	22%	87%
CO	32%	0%
S	1%	63%
Promedio	17%	33%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

### RESULTADOS DE ILUMINACIÓN DIURNA (CASO MEJORADO)

En el presente análisis, proseguiremos con las etapas de exposición de los resultados, centrándonos en los hallazgos del caso mejorado en la zona de la vivienda. Estos resultados fueron obtenidos durante las mismas horas en las que se evaluó el caso base (9:00 am y 15:00 pm), siguiendo los parámetros del umbral de luxes establecidos entre 300 y 3000 luxes.

Cabe destacar que el caso mejorado de la zona de la vivienda se caracteriza por constar de dos plantas y englobar un mayor número de áreas en comparación con el caso base. Por tanto, para garantizar una comparación más precisa, únicamente consideraremos las áreas que ambos casos comparten en común.



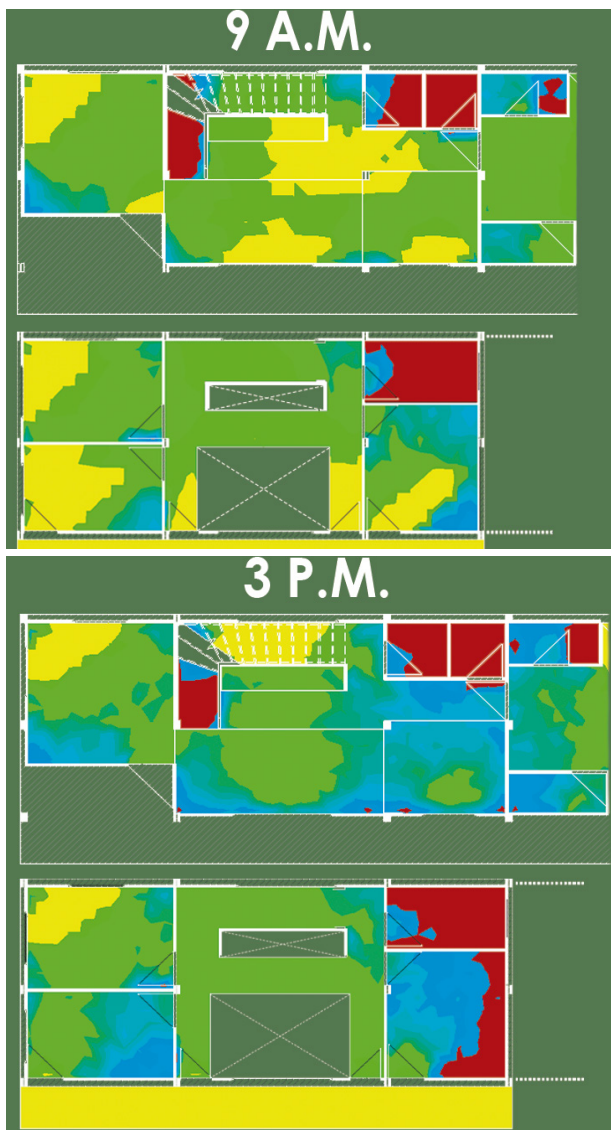


Figura 121. Representación gráfica de la metodología “Iluminación diurna caso mejorado 9:00 am”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

En concordancia con la ejecución del análisis del caso base, procederemos a exponer los resultados de acuerdo con las diversas tipologías de parámetros identificados dentro de la metodología de luz diurna.

En el caso del parámetro denominado “dentro del umbral”, se observa que tanto a las 9:00 a.m. como a las 15:00 p.m., los resultados se encuentran clasificados como “óptimos”. Esto se debe a que en ambas franjas horarias los porcentajes de iluminación diurna superan el 75%.

Tabla 24. Resultados Dentro del lumbral 9:00 am y 15:00 pm

Resultados dentro del umbral de 9 A.M. Y		
	9:00 a.m.	3:00 p.m.
Nombre	%	%
H1	81%	77%
H2	99%	52%
H3	73%	83%
CC	98%	78%
CO	83%	97%
S	86%	81%
<b>Promedio</b>	<b>87%</b>	<b>78%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Dentro del intervalo denominado “por encima del umbral” a las 9:00 a. m., se observa que la zona con mayor magnitud es la H2, con una incidencia lumínica del 48% sobre la iluminación total, y un promedio general de exposición a la luz natural del 21% en todas las zonas. En contraste, a las 15:00 p. m., estos índices disminuyen considerablemente, presentando un promedio total del 8% de sobre iluminación.

Tabla 25. Resultados Por encima del lumbral 9:00 am y 15:00 pm

Resultados por encima del lumbral		
	9:00 a.m.	15:00 pm
Nombre	%	%
H1	22%	18%
H2	48%	1%
H3	17%	0%
CC	22%	0%
CO	0%	17%
S	19%	10%
Promedio	21%	8%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 26. Resultados Por debajo del lumbral 9:00 am y 15:00 pm

Resultados del por debajo del lumbral		
	9:00 a.m.	15:00 pm
Nombre	%	%
H1	2%	1%
H2	0%	0%
H3	0%	27%
CC	0%	0%
CO	3%	1%
S	2%	2%
Promedio	1%	5%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Los hallazgos concernientes al parámetro “por debajo del umbral” a las 9:00 am muestran un promedio del 1% en todas las zonas evaluadas. Esto indica que la gran mayoría de áreas en la vivienda, en el contexto de las mejoras implementadas, presentan una adecuada iluminación en este momento del día. Sin embargo, a las 15:00 pm, se observa un incremento significativo en la incidencia de valores superior al 5% para dicho parámetro, lo cual se asocia con un aumento del 4% en la deficiencia lumínica detectada en la misma muestra de zonas.

## RESULTADOS DE ILUMINACIÓN DIURNA (Zona Productiva)

Concluyendo con los hallazgos concernientes a la metodología de iluminación diurna, procederemos a presentar el análisis de la zona agro-productiva llevado a cabo en dos momentos específicos: a las 9:00 a. m. y a las 15:00 p. m.

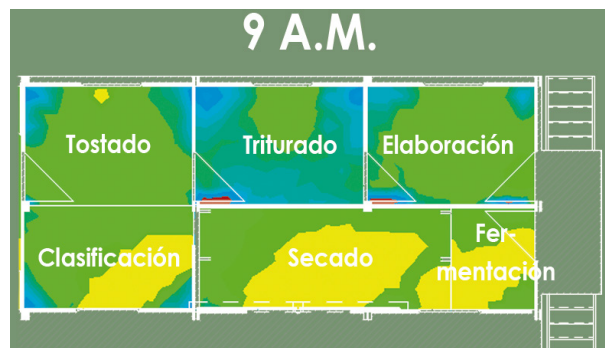




Figura 122. Representación gráfica de la metodología “Iluminación diurna caso mejorado (zona agro-productiva)”  
Fuente: Elaboración propia (2023).

Los resultados obtenidos en el parámetro “dentro del umbral” revelan que se encuentran en el estándar óptimo de la metodología, dado que tanto a las 9:00 a.m. como a las 15:00 p.m., los promedios de resultados superan el 75% de iluminación dentro del umbral deseado.

Tabla 27. Resultados Dentro del umbral 9:00 am y 15:00 pm

Resultados Dentro del umbral de 9 A.M. Y 3P.M.		
	9:00 a.m.	3:00 p.m.
Nombre	%	%
Triturado	98%	78%
Elaboración	97%	72%
Tostado	99%	83%
Fermentación	49%	71%
Clasificación	75%	98%
Secado	55%	100%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Los resultados correspondientes al parámetro “por encima del umbral lumínico” obtenidos a partir del análisis

promedio de ambas franjas horarias no exceden el 20%. No obstante, es importante señalar que los valores más elevados de sobre iluminación se presentan en la zona de fermentación a las 9:00 am, con un 51%, y a las 3:00 pm, con un 29%.

Tabla 28. Resultados Por encima del umbral 9:00 am y 15:00 pm

Resultados por encima del umbral		
	9A.M.	3P.M.
Nombre	%	%
Triturado	0%	19%
Elaboración	0%	26%
Tostado	1%	17%
Fermentación	51%	29%
Clasificación	25%	0%
Secado	45%	0%
Promedio	20%	15%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Para finalizar con los resultados analizaremos el ultimo parámetro “por debajo del umbral” exhiben una ponderación significativamente menor, lo que evidencia la ausencia de áreas con una iluminación diurna inadecuada, dado que estos porcentajes no sobrepasan el 5% en ninguna de las áreas analizadas

Tabla 29. Resultados Por debajo del lumbral 9:00 am y 15:00 pm

Resultados por debajo del lumbral		
	9A.M.	3P.M.
Nombre	%	%
Triturado	2%	2%
Elaboración	3%	2%
Tostado	0%	0%
Fermentación	0%	0%
Clasificación	0%	2%
Secado	0%	0%
Promedio	1%	1%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

## Conclusiones

### *Metodología Escala de Restauración Percibida*

La aplicación de esta metodología nos permitió tener un acercamiento a la percepción de las personas frente a un diseño que implemente cualidades biofílicas. Los resultados tanto de la encuesta como la aplicación del software VAS corroboró la hipótesis planteada al inicio del estudio, las cualidades biofílicas tienen un mejor recibimiento por parte de los potenciales usuarios.

Los mapas de calor resultantes del análisis de las imágenes complementan la percepción que tenían los encuestados. Si bien en cada una de las imágenes que se compararon el caso base tenía una mejor valoración, existía una leve diferencia entre las zonas de descanso y los espacios sociales, siendo estos últimos donde la biofilia tuvo un mayor grado de incidencia.

### *Metodología Sintaxis Espacial*

El análisis de las métricas que permiten evaluar patrones de las categorías de conexión con la naturaleza arroja resultados coherentes y acercados a la realidad, por lo cual se infiere que la sintaxis espacial es un método cuantitativo con bastante efectividad para el análisis de estas cualidades biofílicas.

Aquellas métricas que evaluaron a patrones que estudian la categoría del espacio presentaron algunas ambigüedades y valores contradictorios; como se explicó en el análisis estas inconsistencias son provocadas por la escala del estudio y la tipología del objeto arquitectónico. A pesar de esto nos entrega aproximaciones que marcan un camino en la evaluación de las condiciones biofílicas.

### **Metodología *Sintaxis Natural***

La composición geométrica de los espacios de análisis nos permitió obtener información técnica muy precisa para el análisis de la variable visibilidad natural, y ponderar cuan conectados están los espacios visualmente con su entorno natural.

Los resultados evidencian que existe una mejora en la visibilidad del entorno natural que se tiene sobre los espacios que se analizaron. Sin embargo, los resultados deben entenderse a partir del contexto, que propicio la posibilidad de obtener valores elevados, la zona rural agrícola hizo posible que se obtengan valores deseados.

### **Metodología *“CBE 3D”***

El calentamiento directo de la radiación solar sobre los ocupantes puede inducir a una sensación de incomodidad, demandando soluciones por parte del diseño arquitectónico, preferiblemente durante las etapas iniciales del proceso. En este contexto, se introduce la metodología de CBE 3D, una innovadora herramienta pública en línea, basada en la web, destinada a la predicción de los efectos solares sobre el confort de los usuarios en espacios edificados.

Los resultados derivados de ambos análisis exhiben un evidente incremento en el confort térmico de las diferentes áreas de la vivienda, según la escala Predicted Mean Vote (PMV). Los valores próximos a cero indican un mayor nivel de confort térmico. Se observa que, en el caso sometido a las estrategias de Biofilia de Stephen Kellert, la mayoría de las zonas presenta un valor cercano a dicho parámetro óptimo. No obstante, es importante mencionar que algunas zonas (H1, H2) aún demanda mayor atención en la optimización del confort térmico.

### **Metodología *“Insight Lighting”***

La carencia de iluminación natural durante el día puede dar lugar a problemáticas de salud vinculadas con la visión y el estrés derivado del hecho de permanecer en ambientes artificialmente iluminados. Considerando esta premisa, se ha optado por implementar los patrones de diseño biofílico establecidos por Stephen Kellert. Con el fin de evaluar de manera efectiva los efectos, se ha empleado la metodología de iluminación diurna para ponderar los resultados de forma más precisa.

El presente análisis destaca los resultados obtenidos durante dos intervalos temporales definidos: de 9:00 am a 15:00 pm. Dichos resultados revelan una notable mejora en ambos períodos establecidos, lo que permite afirmar que las estrategias empleadas han contribuido efectivamente a la optimización de la iluminación natural en todas las áreas de la vivienda, alcanzando un nivel considerado como “Óptimo” según los criterios del “space daylight autonomy” (SDA).

## 6. Reflexiones Finales

LA IMPORTANCIA DEL DISEÑO BIOFÍLICO: El estudio demuestra claramente los beneficios de incorporar cualidades biofílicas en el diseño arquitectónico. Estos elementos naturales y la conexión con el entorno tienen un impacto significativo en el confort térmico, la iluminación natural, la percepción de los usuarios y la sensación general de bienestar. Como escritores, consideramos que es esencial se abrace esta filosofía en proyectos arquitectónicos para crear entornos más saludables y agradables.

La disponibilidad de herramientas en línea como “CBE 3D” y metodologías como la iluminación diurna, la Escala de Restauración Percibida, la sintaxis espacial y la sintaxis natural proporciona una herramienta precisa y efectiva de evaluar y mejorar sus proyectos desde una perspectiva sostenible y biofílica. La combinación de estas herramientas puede ofrecer un enfoque integral para lograr espacios edificados más amigables con el medio ambiente y centrados en el bienestar de los usuarios.

Si bien las estrategias biofílicas pueden generar resultados positivos en el diseño arquitectónico, es crucial considerar el contexto específico de cada proyecto. Lo que funciona bien en una zona rural agrícola puede no ser igualmente efectivo en un entorno urbano o en diferentes climas. Como escritores, consideramos la importancia de adaptar las soluciones a las particularidades de cada lugar y a considerar las necesidades y expectativas locales para obtener resultados óptimos.

El uso de herramientas de análisis basadas en datos y la incorporación de metodologías científicas en el diseño arquitectónico resalta la creciente unión entre la ciencia y el arte del diseño. Esta convergencia ofrece una oportunidad única para crear espacios edificados que no solo sean estéticamente atractivos, sino también funcionales, sostenibles y propicios para el bienestar de los ocupantes.

Las conclusiones de los diferentes estudios resaltan la importancia de considerar al usuario como el eje central del diseño arquitectónico. La percepción y el confort de los ocupantes deben ser prioritarios en cualquier proyecto, y el uso de metodologías que evalúen estos aspectos puede proporcionar información valiosa para la toma de decisiones informadas.

En última instancia, el diseño arquitectónico biofílico no solo se trata de crear edificaciones visualmente atractivas, sino de fomentar espacios que promuevan la conexión con la naturaleza, la sostenibilidad, la salud y el bienestar de las personas que los habitan. Al colaborar estrechamente con la naturaleza y al adoptar enfoques científicos, los diseñadores pueden llevar a cabo proyectos que respeten y enriquezcan el entorno construido y la calidad de vida de quienes lo disfrutan. Como escritores, esperamos que estas reflexiones inspiren a los profesionales del diseño a continuar explorando y aplicando soluciones biofílicas en su trabajo para construir un futuro más armonioso y sostenible.

## 7. Recomendaciones

**CBE 3D:** Dado que el calentamiento directo de la radiación solar puede afectar la comodidad de los ocupantes, se recomienda abordar soluciones relacionadas con el confort térmico desde las etapas iniciales del proceso de diseño. La herramienta en línea “CBE 3D” puede ser una valiosa aliada para predecir los efectos solares en los espacios edificados y optimizar el confort térmico.

**INSIGHT LIGHTING:** La iluminación natural es esencial para la salud visual y el bienestar general de los ocupantes. Se considera el uso de patrones de diseño biofílico establecidos por Stephen Kellert para mejorar la iluminación diurna en los espacios interiores. La metodología de iluminación diurna puede ser una herramienta efectiva para evaluar y optimizar los resultados. Los intervalos temporales de 9:00 am a 15:00 pm parecen ser particularmente relevantes para medir los efectos de estas estrategias de diseño dentro del contexto ecuatoriano.

**ESCALA DE RESTAURACIÓN PERCIBIDA:** El estudio muestra que la incorporación de cualidades biofílicas en el diseño es bien recibida por los usuarios. Hay que considerar estas características en los proyectos, especialmente en los espacios sociales, donde la biofilia parece tener un mayor impacto positivo según la Escala de Restauración Percibida. La percepción de los usuarios es clave, y los mapas de calor generados a partir del análisis de imágenes pueden proporcionar información adicional para comprender mejor esta percepción.

**SINTAXIS ESPACIAL:** La sintaxis espacial es una herramienta cuantitativa efectiva para evaluar patrones de

conexión con la naturaleza en el diseño arquitectónico. Sin embargo, al emplear métricas que evalúan la categoría del espacio, es importante considerar las especificidades de la escala del estudio y la tipología del objeto arquitectónico para evitar ambigüedades y valores contradictorios. A pesar de esto, estos enfoques proporcionan aproximaciones valiosas para evaluar y mejorar las condiciones biofílicas en los espacios diseñados.

**SINTAXIS NATURAL:** La composición geométrica de los espacios analizados permite obtener información técnica precisa sobre la visibilidad natural y cómo los espacios están conectados visualmente con su entorno natural. Es esencial aprovechar las características naturales del contexto para mejorar la visibilidad del entorno natural dentro de los espacios. Los valores elevados obtenidos en el análisis de la variable de visibilidad pueden ser más factibles en zonas rurales agrícolas, se deben adaptar las estrategias a diferentes contextos para lograr una conexión visual óptima con la naturaleza.

En general, todas las metodologías y herramientas analizadas en el estudio ofrecen perspectivas valiosas para mejorar el bienestar de los ocupantes y la conexión con la naturaleza en proyectos arquitectónicos. La integración de soluciones biofílicas desde las primeras etapas de diseño, la optimización del confort térmico y la iluminación natural, así como la consideración de la percepción de los usuarios y la conexión visual con el entorno natural, son aspectos cruciales para lograr espacios edificados más saludables y sostenibles.

## 8. Referencias Bibliográficas

Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E. y Serra, J. (1998). La construcción sostenible. El estado de la cuestión. Boletín CF+S (4). and design strategies in passive architecture, Paper accepted for publication. Proceedings. PLEA 2000. Cambridge.

Angel, J., Gonzalez, A., Supervised, R. B., Iannaccone, G., & Ellis, E. V. (n.d.). BRIDGING BIOPHILIA AND ENERGY EFFICIENCY WITHIN HIGH-PERFORMANCE BUILDING DESIGN.

Beck MP, Turkienicz B. (2009). Visibility and permeability complementary syntactical attributes of wayfinding. In: the Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium, KTH, Stockholm, Sweden, 1–7.

Berto, R., Barbiero, G., & Salingaros, N. A. (2023). Biophilic design of building façades from an Evolutionary Psychology framework: Visual Attention Software compared to Perceived Restorativeness. *Visions for Sustainability*, 2023(19). <https://doi.org/10.13135/2384-8677/7054>

Björn KA. (1993). Space Syntax Glossary. *Nordisk Arkitekturforskning*, 11-12.

Carrasco. (2020). Aporte de la agricultura urbana y mercados de alimentos producidos sosteniblemente para alcanzar un sistema alimentario bajo en emisiones en el DMQ. *Flacsoandes.edu.ec*. <http://hdl.handle.net/10469/16780>

Cengel, Y. A. (1998). Heat transfer a practical approach. MC GRAW HILL.

Ceylan, S., & Soygeniş, M. D. (2019). A design studio experience: impacts of social sustainability. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*. doi:10.1108/arch-02-2019-0034

Chavez, S., Sarro, L., & Finocchiaro, F. (2022). Sostenibilidad social y arquitectura: una revisión sistemática de la literatura. *Escritos Contables y de Administración*, 13(2), 27–74. <https://doi.org/10.52292/j.eca.2022.3063>

Concejo Ecuatoriano de Edificación Sustentable [CEES]. (2017). <http://www.cees-ecuador.org/>.

Concejo Ecuatoriano de Edificación Sustentable [CEES]. (2022). <http://www.cees-ecuador.org/>.

Cordero Gulá, R. y García Navarro, J. (2015). Evaluación de la sostenibilidad de la arquitectura, aspectos sociales, culturales, estética e hitos. *Anales de edificación*, 1(3), 23-30. DOI: 10.20868/ade.2015.3134

Cuchí, A., Wadel, G., López, F., y Sagrera, A. (2007). Guía de la eficiencia energética para administradores de fincas. Barcelona, España: Fundación gas natural. Recuperado de: [https://www.empresaeiciente.com/wpcontent/uploads/2018/06/guia\\_9-guia-de-la-eficiencia-energetica-paraadministradores-de-fincas.pdf](https://www.empresaeiciente.com/wpcontent/uploads/2018/06/guia_9-guia-de-la-eficiencia-energetica-paraadministradores-de-fincas.pdf)

de Paiva, A., & Jedon, R. (2019). Short- and long-term effects of architecture on the brain: Toward theoretical formalization. *Frontiers of Architectural Research*, 8(4), 564-571. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.07.004>



Delmonte, J. (2018). Arquitectura y sostenibilidad en el mundo posmoderno. *Revista AULA*, Vol. 62 Número 2, enero junio 2018. Santo Domingo; Amigo del Hogar.

Durukan, A., Ertaş Beşir, Ş., Koç Altuntaş, S., & Açikel, M. (2021). Evaluation of Sustainability Principles in Adaptable Re-Functioning: Traditional Residences in Demirel Complex. *Sustainability*, 13(5), 2514. doi:10.3390/su13052514

Evans, J. M. (2000). *Confort Triangles, Analysis of temperature variations*

Fanger, P. O., (1970). *Confort térmico*. (Copenhague PRENSA TÉCNICA DANESA) (Reimpreso por MCGRAW-HILL BOOK CO., Nueva York, 1973).

Ferrini M. (2021). El confort térmico y la eficiencia energética en viviendas brasileñas: Propuestas para la certificación de sostenibilidad Selo Casa Azul + CAIXA. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidade da Coruña. [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/32478/FerriniGiacon\\_Mariana\\_TFM\\_2021.pdf?sequence=2](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/32478/FerriniGiacon_Mariana_TFM_2021.pdf?sequence=2)

Fromm, E. (1964). *The Heart of Man: Its Genius for Good and Evil*. Harper & Row.

GAD El Empalme. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.

Gallardo-Frías, L. (2014). Seven points of analysis in the design process Urban context in architectural project (Issue 2).

Gonzalo G. (2004). *Manual de Arquitectura Bioclimática y Sustentable*.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC. (2019) Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza.

Heerwagen, J. (2008). Psychoevolutionary theory and the restorative benefits of nature. En S. R. Kellert, J. H. Heerwagen, & M. L. Mador (Eds.), *Biophilic design: The theory, science, and practice of bringing buildings to life* (pp. 137-148). New York, NY: Wiley.

Heerwagen, J. (2009). Biophilia, health, and well-being. En L. Campbell & A. Wiesen (Eds.), *Restorative commons: Creating health and well-being through urban landscapes* (pp. 38-57). Washington, DC: U.S. Forest Service.

Hernández Sampieri, Roberto., Fernández Collado, Carlos., & Baptista Lucio, Pilar. (1991). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

Hernández-Zamora, M. F., Jiménez-Martínez, S. I., & Sánchez-Monge, J. I. (2021). Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831>

Hillier B, Hanson J. (1997). *The Reasoning Art: or, The Need for an Analytical Theory of Architecture*. In: the Proceedings of the First International Symposium, University College London, London, 1–6.

HILLIER, B. & HANSON, J. (1984). *The social logic of space*, Cambridge, London, Cambridge University Press.

- Jeong, S. K. & Ban, Y. U. (2011). Computational algorithms to evaluate design solutions using Space Syntax. *Computer-Aided Design*, 43, 664-676.
- Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Kellert, S. (1997). *Kinship to mastery: biophilia in human evolution and development*. Island Press.
- Kellert, S. (2008). *Nature by design: the practice of biophilic design*. Yale University Press.
- Kellert, S. R., Heerwagen, J., & Mador, M. (2008). *Biophilia, Health, and Well-being*. John Wiley & Sons.
- Kellert, S., & Wilson, E.O. (1993). *The Biophilia Hypothesis*. Island Press.
- Kim, J.J. y Rigdon, B. (1998). *Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design*; National Pollution Prevention Center for Higher Education: Cambridge, UK.
- Kohler, N. (1999). The relevance of Green Building Challenge: an observer's perspective. *Building Research & Information*, 27(4-5), 309-320. doi:10.1080/096132199369426
- Koutsolampros, P., Sailer, K., Tasos Varoudis, ;, & Haslem, R. (n.d.). Proceedings of the 12 th Space Syntax Symposium DISSECTING VISIBILITY GRAPH ANALYSIS: THE METRICS AND THEIR ROLE IN UNDERSTANDING WORKPLACE HUMAN BEHAVIOUR.
- Mahoney, M. J. (1972). Research issues in self-management, *Behavior Therapy*, J, 45-68.
- Mueller, R. (2017). Evaluating the Impact of Glazing Orientation on Daylight Penetration Using Autodesk Insight. *PDXScholar*. [https://pdxscholar.library.pdx.edu/research\\_based\\_design/84/](https://pdxscholar.library.pdx.edu/research_based_design/84/)
- Munro, K., & Grierson, D. (2016). Towards the development of a space/nature syntax at arcosanti. *Open House International*, 41(4), 48-55. <https://doi.org/10.1108/ohi-04-2016-b0007>
- Myriam Torres Paucar, & Jaramillo, A. (2019). Transición a la sostenibilidad de la arquitectura ecuatoriana contemporánea a través del uso de materiales naturales. *ÉIDOS*, 14, 45-53. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dcart?info=link&codigo=8489486&orden=0>
- Naranjo, L., et al. (2018). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región costera del Ecuador. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 20(2), 1-16.
- Nature Contact and Human Health: A Research Agenda | Environmental Health Perspectives | Vol. 125, No. 7. Howard Frumkin (2017). *Environmental Health Perspectives*. <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/EHP1663>
- Obeidat B, Rashid M. (2017). For improving wayfinding in an educational setting. In: the Proceedings of the 11th Space Syntax Symposium, Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Lisbon, Portugal, 1-10.
- Pinelo J, Turner A. (2010). *Introduction to Depthmap*, UCL, London, 15-26.
- Poveda, M. (2007). *Eficiencia energética: recurso no aprovechado*. [www.olade.org](http://www.olade.org)

- Raanaas, R. K., Patil, G. G. & Hartig, T. (2012). Health benefits of a view of nature through the window: a quasi-experimental study of patients in a residential rehabilitation center. *Clin Rehabil*, 26, 21-32.
- Reinhart, C., & Walkenhorst, O. (2001). Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds. *Energy and Buildings*, 33(7), 683–697. [https://doi.org/10.1016/s0378-7788\(01\)00058-5](https://doi.org/10.1016/s0378-7788(01)00058-5)
- Rivero Camacho, C., Pereira, J., Gomes, M. G., & Marrero, M. (2018). Huella de carbono como instrumento de decisión en la rehabilitación energética. Películas de control solar frente a la sustitución de ventanas. *Revista Hábitat Sustentable*, 8(2), 20–31. <https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.02.02>
- Rousseau, I. (2017). La nueva regulación de la gestión social de los proyectos energéticos en México. Seguridad, sustentabilidad y gobernabilidad. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, Vol (230), pp. 197-220. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=50>
- Samaniego J. (2021). El desarrollo sustentable en Ecuador: estrategias desde el sector de la construcción. *Revista RIEMAT*, Vol. 6, Número 2, Art. 7, diciembre 2021.
- Terrapin Bright Green. (2014). 14 patterns of biophilic design. Recuperado de <https://www.terrapinbright-green.com/report/14-patterns/>
- Torres, J. (2014). Eficiencia de las Edificaciones en el Ámbito de las Consecuencias Generadas por el Diseño Arquitectónico y el Consumo Energético. Obtenido de Repositorio Digital UG: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7657/1/TESIS%20DE%20MAEST.%20TEC.%20EDF.pdf>
- Toumi, O., Le Gallo, J., y Rejeb, J. B. (2017). Assessment of Latin American sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 878-885. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.013
- Turner, A. (2001). “Depthmap: A Program to Perform Visibility Graph Analysis”. In: *Proceedings of the 3rd International Symposium on Space Syntax*, p. 9. URL: [http://www.ucl.ac.uk/bartlett/3sss/papers\\_pdf/31\\_turner.pdf](http://www.ucl.ac.uk/bartlett/3sss/papers_pdf/31_turner.pdf).
- Turner, A. (2004). “Depthmap 4: A Researcher’s Handbook”. In: URL: <http://discovery.ucl.ac.uk/2651/> (visited on 05/31/2016).
- Turner, A. (2007). “To Move through Space: Lines of Vision and Movement”. In: *Proceedings, 6th International Space Syntax Symposium*, 12 - 15 June, 2007. 6th International Space Syntax Symposium. URL: <http://eprints.ucl.ac.uk/4111/> (visited on 11/02/2018).
- Turner, A. (2007). “UCL Depthmap 7: From Isovist Analysis to Generic Spatial Network Analysis”. In: pp. 43– 51.
- USAID. (2013). Recomendaciones de política pública de construcción y urbanismo sostenible. Informe final. Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID.
- Vieira AP, Krüger M. (2015). Space codes in architectural teaching and learning. In: *the Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium*, London, Bartlett School of Architecture, University College London, London, 1-20.
- Vigo M. (2010). Propuestas para el Diseño Urbano Bioambiental en Zonas Cálidas Semiáridas. Caso Área del Gran Catamarca.

Wadel, G., Avellaneda, J., & Cuchí, A. (2010). Sustainability in industrialised architecture: Closing the materials cycle. *Informes de La Construcción*, 62(517), 37–51. <https://doi.org/10.3989/ic.09.067>

Watts, D. J. (1999). *Small Worlds: The Dynamics of Networks between Order and Randomness*. Princeton University Press. ISBN: 0-691-11704-7 978-0691-11704-1.

Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press.

Yaseen, F. R., & Mustafa, F. A. (2023). Visibility of nature-connectedness in school buildings: An analytical study using biophilic parameters, space syntax, and space/nature syntax. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(5). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101973>.

## 9. Anexos

### • Escala de Restauración Percibida

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScmYR3LMjapanbmo-Mw4zsBdJXSXwqn1mE5iHZ0FFSJWkFRmmQ/formResponse>

Formulario de consentimiento información para los participantes del estudio:

#### Introducción

Está invitado/(a) a participar en esta encuesta somos estudiantes de la Universidad Indoamérica y exploramos el potencial para la salud y el confort del contacto con la naturaleza en entornos construidos.

Su participación en este estudio es totalmente voluntaria. Puedes elegir participar o no.

#### Aviso de Privacidad

La información que recopilamos a través de esta encuesta se mantendrá confidencial. La información sobre usted no se divulgará y no estará disponible para nadie más que para los investigadores. Sus datos se tratarán como agregados y las respuestas individuales nunca se publicarán.

#### Objetivo del estudio

Se ha sugerido que la exposición a la naturaleza junto con la organización del espacio tienen efectos beneficiosos sobre la salud mental y física. Estas afirmaciones se encuentran enmarcadas en la teoría del diseño biofílico, sin embargo aún no existe suficiente información sobre las características que debe tener estos entornos para ser efectivos. Vamos a examinar diferentes escenarios de cómo se percibe el entorno natural, así como la complejidad en el orden de los espacios, en dos casos de estudio ubicados en una zona rural de la región costa. La razón principal de la investigación es cuantificar de manera objetiva la percepción que se tiene sobre entornos con cualidades biofílicas.

#### Programa

En la siguiente sección, verá sus opciones para participar en este estudio. A continuación, se solicitarán algunos datos sociodemográficos, observarás varias escenas simuladas a través de una herramienta de renderización con elementos de la naturaleza y responderás una serie de afirmaciones sobre tus experiencias ante ellas.

#### Riesgos y salvaguardas

La participación en este estudio está libre de riesgos. Si por alguna razón no desea continuar, puede hacerlo en cualquier momento durante la encuesta cerrando la ventana de su navegador para que sus respuestas no se guarden.

## LO QUE SIENTO Y PERCIBO

maav.1699@gmail.com [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

\* Indica que la pregunta es obligatoria

### Datos Demográficos

Entiendo que los datos obtenidos serán tratados como confidenciales, serán \*  
agrupados con otros datos para el reporte y la presentación de los resultados de  
la investigación y que mi nombre no será mencionado por ningún motivo.

Entiendo que tengo el derecho a retirarme de la investigación en cualquier  
momento sin que ello me perjudique en manera alguna.

- Si  
 No

Indique por favor su edad (en años cumplidos)

- 18 a 24 años  
 25 a 29 años  
 30 años o más

Borrar selección

¿Cuál es el género que mejor le describe?

- Hombre  
 Mujer  
 Prefiero no contestar

Borrar selección

¿Cuál es el género que mejor le describe?

- Hombre
- Mujer
- Prefiero no contestar

Borrar selección

¿Cuál de los siguientes describe mejor el entorno donde usted creció?

- Rural
- Urbano
- Urbano rodeado de arboles

Borrar selección

¿Padece actualmente de un trastorno psicológico que haya sido diagnosticado por un profesional?

- Si
- No

Borrar selección

¿Padece actualmente de un trastorno psicológico que haya sido diagnosticado por un profesional?

- Si
- No

Borrar selección

¿Cómo considera su nivel de conocimientos en psicología ambiental?

- Sin conocimientos
- Básico
- Intermedio
- Avanzado

Borrar selección

En una escala del 0 al 5, donde 0 es nada de estrés y 5 exceso de estrés, por favor seleccione el número que mejor describa lo que siente EN ESTE MOMENTO

- 0 1 2 3 4 5
- Nada estresante       Exceso de estres

Borrar selección

## LO QUE SIENTO Y PERCIBO

maav.1699@gmail.com [Cambiar de cuenta](#)



No compartido

### Inicio

Para que esta prueba le brinde la mejor experiencia y nos brinde los resultados más precisos, es importante que permanezca concentrado y no distraído.

Si tiene otras ventanas abiertas en su navegador, ciérrelas si es posible, silencie las notificaciones de su dispositivo y busque un lugar alejado del ruido si es posible.

A continuación, se le presentarán diferentes escenarios con distintos grados de naturalidad en diferentes contextos y una serie de afirmaciones a las que responderá con un número entre 1 y 10.

Estas afirmaciones se repetirán en cada episodio, pero la escena cambiará.

Te imaginarás en estas situaciones y responderás a esta serie de afirmaciones con la mayor honestidad posible. No hay respuestas correctas o incorrectas, es importante que responda en base a su propia experiencia.

## IMÁGEN

Tómese unos 5 segundos para observar cuidadosamente la escena en la imagen. Contesta las siguientes afirmaciones basándose en tu propia experiencia. Las posibles respuestas van de 1 (nada relevante, la experiencia descrita no se aplica) a 10 (totalmente aplicable, realmente se aplica a la experiencia).

Es importante que responda estas afirmaciones con honestidad y sin pensar demasiado en ellas.

NOTA. La misma imagen aparecerá de vez en cuando para asegurarse de que está pensando mientras responde hasta que pase a otra sección.

## FASCINACIÓN



Este lugar es fascinante.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (sí aplica fielmente a la experiencia)

En este lugar mi atención es atraída por muchas cosas interesantes.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (sí aplica fielmente a la experiencia)

En este lugar es difícil estar aburrido(a).

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

Este lugar es un refugio de molestias.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

Este es un lugar para alejarme de las cosas que comúnmente demandan mi atención.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

Estar aquí me ayuda a dejar de pensar en las cosas que tengo que hacer.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

Hay un orden claro en la disposición física de este lugar.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

En este lugar es fácil ver cómo se organizan las cosas.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

En este lugar todo parece tener su posición adecuada.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

Puedo orientarme en este lugar sin ningún problema.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

Este lugar es lo suficientemente grande como para permitir la exploración en muchas direcciones.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

En este lugar hay pocas barreras que limiten mi posibilidad de moverme.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada (no aplica la experiencia descrita)

Completamente (si aplica fielmente a la experiencia)

Por favor, describa brevemente lo que este lugar le hace pensar y sentir (opcional)

Tu respuesta \_\_\_\_\_



- Simulación CBE 3D

HABITACIÓN 1 - CASO BASE			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	8,4	0	0,00
Sur	9,8	0	0,00
Este	6,9	1	14,49
Oeste	6,9	0	0,00
Arriba	7,61	0	0,00
Suma			2,90
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,03</b>

HABITACIÓN 1- CASO BASE			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0	0	0
Oeste	0,5	0,5	0,5
Arriba	0	0	0
Suma			0,5
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,1</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,06</b>
---------------------------------	-------------

HABITACIÓN 2 - CASO BASE			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	9,8	0	0,00
Sur	8,4	0	0,00
Este	6,9	0	0,00
Oeste	6,9	1	14,49
Arriba	7,61	0	0,00
Suma			2,90
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,03</b>

HABITACIÓN 2- CASO BASE			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0,5	0,5	0,5
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			0,5
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,1</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,06</b>
---------------------------------	-------------

HABITACIÓN 1 - CASO MEJORADO			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	7,31	0	0,00
Sur	8,05	2,99	37,14
Este	11,02	0	0,00
Oeste	11,02	4,04	36,66
Arriba	7,59	0	0,00
Suma			14,76
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,15</b>

HABITACIÓN 1 - CASO MEJORADO			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0,5	1	0,75
Este	0	0	0
Oeste	0,5	1	0,75
Arriba	0	0	0
Suma			1,5
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,3</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,22</b>
---------------------------------	-------------

HABITACIÓN 2 - CASO MEJORADO			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	8,05	0	0,00
Sur	8,05	2,99	37,14
Este	11,02	4,07	36,93
Oeste	11,02	0	0,00
Arriba	7,59	0	0,00
Suma			14,82
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,15</b>

HABITACIÓN 2 - CASO MEJORADO			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0,75	1	0,875
Este	0,75	1	0,875
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			1,75
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,35</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,25</b>
---------------------------------	-------------

<b>HABITACION 3 - CASO BASE</b>			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	8,4	0	0,00
Sur	9,8	0	0,00
Este	6,9	1	14,49
Oeste	6,9	0	0,00
Arriba	7,61	0	0,00
Suma			2,90
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,03</b>

<b>HABITACION 3 - CASO MEJORADO</b>			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	7,21	0	0,00
Sur	8,05	2,99	37,14
Este	11,02	0	0,00
Oeste	11,02	4,07	36,93
Arriba	7,59	0	0,00
Suma			14,82
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,15</b>

<b>HABITACION 3- CASO BASE</b>			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0	0	0
Oeste	0,75	0,75	0,75
Arriba	0	0	0
Suma			0,75
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,15</b>

<b>HABITACION 3 - CASO MEJORADO</b>			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0,75	1	0,875
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			0,875
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,175</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,09</b>
---------------------------------	-------------

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,16</b>
---------------------------------	-------------

<b>SALA - CASO BASE</b>			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	19,6	0	0,00
Sur	19,6	0	0,00
Este	14,4	3	20,83
Oeste	14,4	0	0,00
Arriba	28,3	0	0,00
Suma			4,17
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,04</b>

<b>SALA - CASO MEJORADO</b>			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	7,3	0	0,00
Sur	7,3	2,94	40,27
Este	7,59	2,94	38,74
Oeste	7,59	4,04	53,23
Arriba	13,25	0	0,00
Suma			26,45
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,26</b>

<b>SALA- CASO BASE</b>			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0,75	1	0,875
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			0,875
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,175</b>

<b>SALA - CASO MEJORADO</b>			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0,75	1	0,875
Este	0,75	1	0,875
Oeste	0,75	1	0,875
Arriba	0	0	0
Suma			2,625
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,525</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,11</b>
---------------------------------	-------------

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,39</b>
---------------------------------	-------------

- Sintaxis Natural

HABITACIÓN 1 - CASO BASE			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	8,4	0	0,00
Sur	9,8	0	0,00
Este	6,9	1	14,49
Oeste	6,9	0	0,00
Arriba	7,61	0	0,00
Suma			2,90
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,03</b>

HABITACIÓN 1 - CASO MEJORADO			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	7,31	0	0,00
Sur	8,05	2,99	37,14
Este	11,02	0	0,00
Oeste	11,02	4,04	36,66
Arriba	7,59	0	0,00
Suma			14,76
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,15</b>

HABITACIÓN 1- CASO BASE			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0	0	0
Oeste	0,5	0,5	0,5
Arriba	0	0	0
Suma			0,5
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,1</b>

HABITACIÓN 1 - CASO MEJORADO			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0,5	1	0,75
Este	0	0	0
Oeste	0,5	1	0,75
Arriba	0	0	0
Suma			1,5
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,3</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,06</b>
---------------------------------	-------------

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,22</b>
---------------------------------	-------------

HABITACIÓN 2 - CASO BASE			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	9,8	0	0,00
Sur	8,4	0	0,00
Este	6,9	0	0,00
Oeste	6,9	1	14,49
Arriba	7,61	0	0,00
Suma			2,90
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,03</b>

HABITACIÓN 2 - CASO MEJORADO			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	8,05	0	0,00
Sur	8,05	2,99	37,14
Este	11,02	4,07	36,93
Oeste	11,02	0	0,00
Arriba	7,59	0	0,00
Suma			14,82
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,15</b>

HABITACIÓN 2- CASO BASE			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0,5	0,5	0,5
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			0,5
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,1</b>

HABITACIÓN 2 - CASO MEJORADO			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0,75	1	0,875
Este	0,75	1	0,875
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			1,75
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,35</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,06</b>
---------------------------------	-------------

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,25</b>
---------------------------------	-------------

HABITACION 3 - CASO BASE			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	8,4	0	0,00
Sur	9,8	0	0,00
Este	6,9	1	14,49
Oeste	6,9	0	0,00
Arriba	7,61	0	0,00
Suma			2,90
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,03</b>

HABITACION 3 - CASO MEJORADO			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	7,21	0	0,00
Sur	8,05	2,99	37,14
Este	11,02	0	0,00
Oeste	11,02	4,07	36,93
Arriba	7,59	0	0,00
Suma			14,82
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,15</b>

HABITACION 3 - CASO BASE			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0	0	0
Oeste	0,75	0,75	0,75
Arriba	0	0	0
Suma			0,75
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,15</b>

HABITACION 3 - CASO MEJORADO			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0,75	1	0,875
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			0,875
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,175</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,09</b>
---------------------------------	-------------

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,16</b>
---------------------------------	-------------

SALA - CASO BASE			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	19,6	0	0,00
Sur	19,6	0	0,00
Este	14,4	3	20,83
Oeste	14,4	0	0,00
Arriba	28,3	0	0,00
Suma			4,17
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,04</b>

SALA - CASO MEJORADO			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	7,3	0	0,00
Sur	7,3	2,94	40,27
Este	7,59	2,94	38,74
Oeste	7,59	4,04	53,23
Arriba	13,25	0	0,00
Suma			26,45
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,26</b>

SALA - CASO BASE			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0,75	1	0,875
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			0,875
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,175</b>

SALA - CASO MEJORADO			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0,75	1	0,875
Este	0,75	1	0,875
Oeste	0,75	1	0,875
Arriba	0	0	0
Suma			2,625
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,525</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,11</b>
---------------------------------	-------------

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,39</b>
---------------------------------	-------------

COMEDOR - CASO BASE			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	8,4	0	0,00
Sur	9,8	0	0,00
Este	6,9	1	14,49
Oeste	6,9	0	0,00
Arriba	7,61	0	0,00
Suma			2,90
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,03</b>

COMEDOR - CASO MEJORADO			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	0	0	0,00
Sur	5,29	0	0,00
Este	10,58	7,03	66,45
Oeste	0	0	0,00
Arriba	10,58	7,03	66,45
Suma			26,58
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,27</b>

HABITACIÓN 1 - CASO BASE			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0,75	0,75	0,75
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			0,75
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,15</b>

HABITACIÓN 1 - CASO MEJORADO			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0,25	0,25	0,25
Sur	0,25	0,25	0,25
Este	1	1	1
Oeste	0,5	0,25	0,375
Arriba	0,75	0,25	0,5
Suma			2,375
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,475</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,09</b>
---------------------------------	-------------

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,37</b>
---------------------------------	-------------

COCINA - CASO BASE			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	19,6	0	0,00
Sur	19,6	0	0,00
Este	6,9	1	14,49
Oeste	6,9	0	0,00
Arriba	13,55	0	0,00
Suma			2,90
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,03</b>

COCINA - CASO MEJORADO			
Lado	Sup. Total	Sup. Permeable	Total
Norte	5,29	0	0,00
Sur	0	0	0,00
Este	6,04	2,5	41,39
Oeste	0	0	0,00
Arriba	6,04	0	0,00
Suma			8,28
<b>Permeabilidad total</b>			<b>0,08</b>

HABITACIÓN 1 - CASO BASE			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0	0	0
Este	0,25	0,25	0,25
Oeste	0	0	0
Arriba	0	0	0
Suma			0,25
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,05</b>

HABITACIÓN 1 - CASO MEJORADO			
Lado	Planta	Sección	Total
Norte	0	0	0
Sur	0,25	0,25	0,25
Este	0,75	1	0,875
Oeste	0,5	0,5	0,5
Arriba	0	0	0
Suma			1,625
<b>Naturalidad de la vista</b>			<b>0,325</b>

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,04</b>
---------------------------------	-------------

<b>Visibilidad Natural (VN)</b>	<b>0,20</b>
---------------------------------	-------------

- Simulación CBE 3D

CASO BASE 9AM		
Nivel	Nombre	PMV
Planta Baja vivienda	Sala	2,5
	Comedor	1,6
	Cocina	2,3
	Baño	0,9
	Circulación	-0,7
	Jardin interior	-0,3
	Alacena	1
	Lavanderia	1
	Conexión	0,9
Planta baja Zona Productiva	Fermentación	0,8
	Clacificación	-0,6
	Triturado	0,6
	Elaboración	-0,4
	Tostado	1,3
	Baño	1
Planta Alta Vivienda	Habitación 1	1,5
	Habitación 2	2,9
	Habitación 3	1,9
	Baño	-0,9
	Jardin interior	-0,6
	Balcón	0,1
	Circulación	0,1

CASO BASE 3PM		
Nivel	Nombre	PMV
Planta Baja vivienda	Sala	2,9
	Comedor	1,3
	Cocina	1,6
	Baño	0,9
	Circulación	-0,7
	Jardin interior	-0,3
	Alacena	1
	Lavanderia	1
	Conexión	0,9
Planta baja Zona Productiva	Fermentación	0,8
	Clacificación	-0,6
	Triturado	0,6
	Elaboración	-0,4
	Tostado	1,3
	Baño	1
Planta Alta Vivienda	Habitación 1	2,5
	Habitación 2	1,7
	Habitación 3	2,9
	Baño	-0,9
	Jardin interior	-0,6
	Balcón	0,1
	Circulación	0,1

CASO MEJORADO 9AM		
Nivel	Nombre	PMV
Planta Baja vivienda	Sala	0,5
	Comedor	-0,2
	Cocina	-0,2
	Baño	0,9
	Circulación	-0,7
	Jardin interior	-0,3
	Alacena	1
	Lavanderia	1
	Conexión	0,9
Planta baja Zona Productiva	Fermentación	0,8
	Clacificación	-0,6
	Triturado	0,6
	Elaboración	-0,4
	Tostado	1,3
	Baño	1
Planta Alta Vivienda	Habitación 1	1,7
	Habitación 2	1
	Habitación 3	-0,8
	Baño	-0,9
	Jardin interior	-0,6
	Balcón	0,1
	Circulación	0,1

CASO MEJORADO 3PM		
Nivel	Nombre	PMV
Planta Baja vivienda	Sala	0,5
	Comedor	-0,2
	Cocina	-0,2
	Baño	0,9
	Circulación	-0,7
	Jardin interior	-0,3
	Alacena	1
	Lavanderia	1
	Conexión	0,9
Planta baja Zona Productiva	Fermentación	0,8
	Clacificación	-0,6
	Triturado	0,6
	Elaboración	-0,4
	Tostado	1,3
	Baño	1
Planta Alta Vivienda	Habitación 1	1,7
	Habitación 2	1,5
	Habitación 3	-0,8
	Baño	-0,9
	Jardin interior	-0,6
	Balcón	0,1
	Circulación	0,1

9:00 a.m.		
	CASO BASE	CASO MEJORADO
H1	1,5	1,7
H2	2,9	1
H3	1,9	-0,8
S	2,5	0,5
CO	1,6	-0,2
CC	2,3	-0,2

3:00 p.m.		
	CASO BASE	CASO MEJORADO
H1	2,5	1,7
H2	1,7	1,5
H3	2,9	-0,8
S	2,9	0,5
CO	1,3	-0,2
CC	1,6	-0,2

CASO MEJORADO 9AM		
Nivel	Nombre	PMV
Planta baja Zona Productiva	Fermentación	-0,4
	Clacificación	-0,3
	Triturado	0,9
	Elaboración	1,2
	Tostado	1
	Baño	1
	Secado	0,9

CASO MEJORADO 3PM		
Nivel	Nombre	PMV
Planta baja Zona Productiva	Fermentación	-0,4
	Clacificación	-0,3
	Triturado	-0,5
	Elaboración	-0,4
	Tostado	0,7
	Baño	1
	Secado	0,9

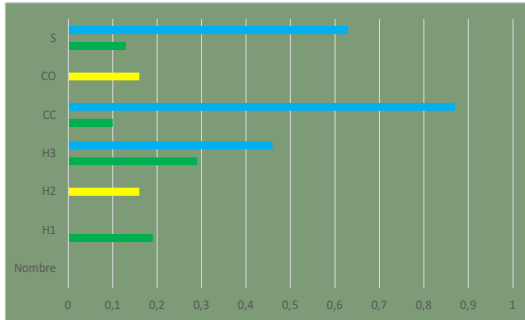
CASO BASE			
9:00 a.m.		3:00 p.m.	
H1	1,5	H1	2,5
H2	2,9	H2	1,7
H3	1,9	H3	2,9
S	2,5	S	2,9
CO	1,6	CO	1,3
CC	2,3	CC	1,6

CASO MEJORADO			
9:00 a.m.		3:00 p.m.	
H1	1,7	H1	1,7
H2	1	H2	1,5
H3	-0,8	H3	-0,8
S	0,5	S	0,5
CO	-0,2	CO	-0,2
CC	-0,2	CC	-0,2

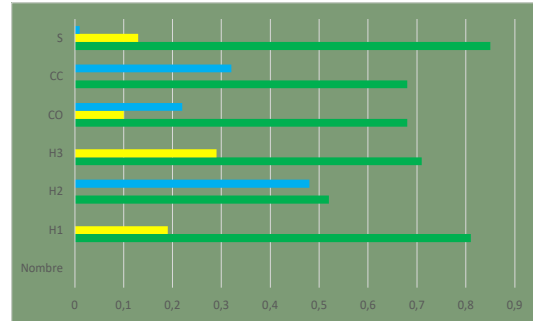


- Simulación Insight Lighting

Resultados del umbral de 3 P.M.			
	Dentro del Lumbral	Por encima del Lumbral	Por de bajo del Lumbral
Nombre	%	%	%
H1	19%	0%	0%
H2	0%	16%	0%
H3	29%	0%	46%
CC	10%	0%	87%
CO	0%	16%	0%
S	13%	0%	63%



Resultados del umbral de 9 A.M.			
	Dentro del Lumbral	Por encima del Lumbral	Por de bajo del Lumbral
Nombre	%	%	%
H1	81%	19%	0%
H2	52%	0%	48%
H3	71%	29%	0%
CO	68%	10%	22%
CC	68%	0%	32%
S	85%	13%	1%



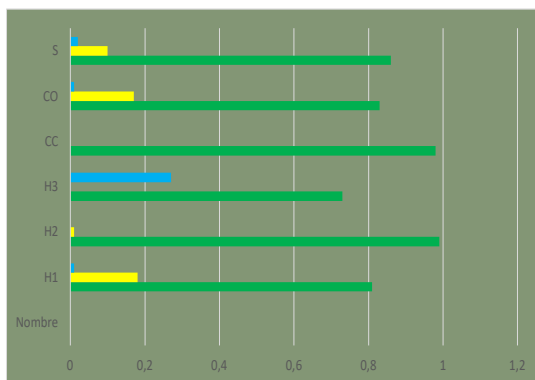
Resultados del Por encima del lumbral		
	9:00 am	15:00 pm
Nombre	%	%
H1	19%	0%
H2	0%	16%
H3	29%	0%
CC	10%	0%
CO	0%	16%
S	13%	0%
Promedio	12%	5%

Resultados del Por debajo del lumbral		
	9:00 am	15:00 pm
Nombre	%	%
H1	0%	0%
H2	48%	0%
H3	0%	46%
CC	22%	87%
CO	32%	0%
S	1%	63%
Promedio	17%	33%

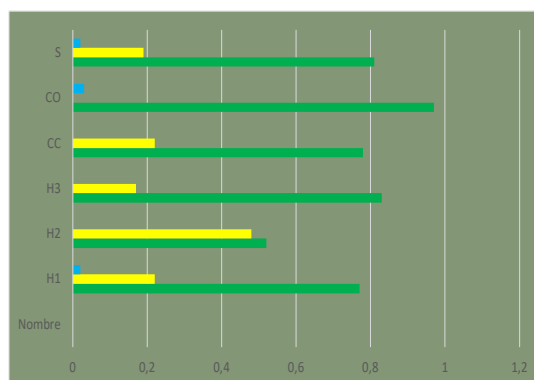
Resultados del Por debajo del lumbral		
	9:00 am	15:00 pm
Nombre	%	%
H1	0%	0%
H2	48%	0%
H3	0%	46%
CC	22%	87%
CO	32%	0%
S	1%	63%
Promedio	17%	33%

Resultados dentro de umbral de 9		
	9:00 a.m.	15:00 P.M.
Nombre	%	%
H1	81%	19%
H2	52%	0%
H3	71%	29%
CO	68%	10%
CC	68%	0%
S	85%	13%
Promedio	71%	12%

Resultados del umbral de 3 P.M.			
	Dentro del Lumbral	Por encima del Lumbral	Por de bajo del Lubral
Nombre	%	%	%
H1	81%	18%	1%
H2	99%	1%	0%
H3	73%	0%	27%
CC	98%	0%	0%
CO	83%	17%	1%
S	86%	10%	2%



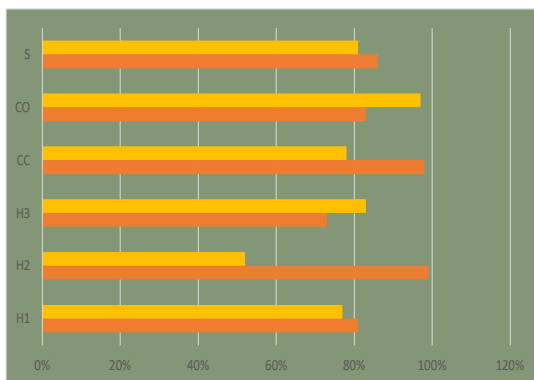
Resultados del umbral de 9 A.M.			
	Dentro del Lumbral	Por encima del Lumbral	Por de bajo del Lubral
Nombre	%	%	%
H1	77%	22%	2%
H2	52%	48%	0%
H3	83%	17%	0%
CC	78%	22%	0%
CO	97%	0%	3%
S	81%	19%	2%



Resultados del por debajo del lumbral		
	9:00 a.m.	15:00 pm
Nombre	%	%
H1	2%	1%
H2	0%	0%
H3	0%	27%
CC	0%	0%
CO	3%	1%
S	2%	2%
Promedio	1%	5%

Resultados por encima del lumbral		
	9:00 a.m.	15:00 pm
Nombre	%	%
H1	22%	18%
H2	48%	1%
H3	17%	0%
CC	22%	0%
CO	0%	17%
S	19%	10%
Promedio	21%	8%

Resultados dentro del umbral de 9 A.M. Y 3P.M.		
	9:00 a.m.	3:00 p.m.
Nombre	%	%
H1	81%	77%
H2	99%	52%
H3	73%	83%
CC	98%	78%
CO	83%	97%
S	86%	81%



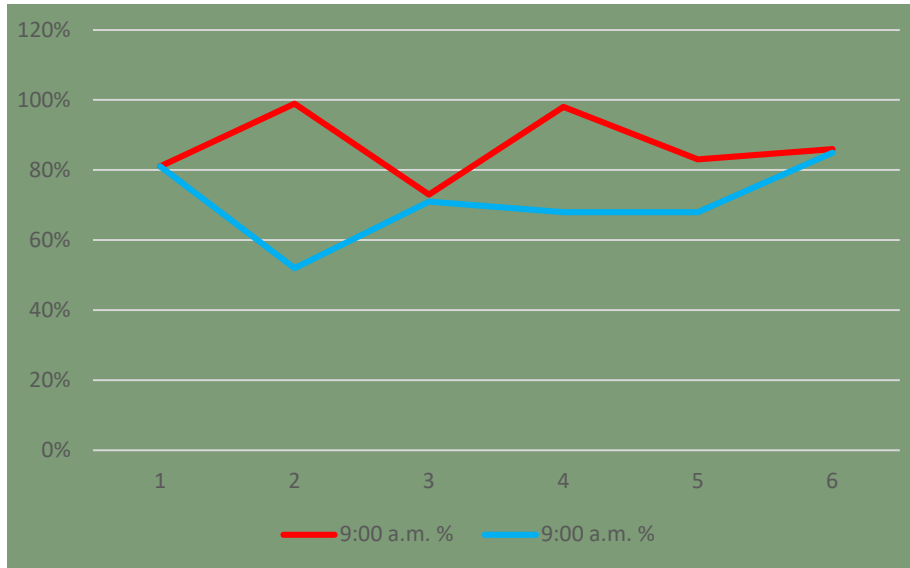
Resultados dentro del umbral de 9 A.M. Y 3P.M.		
	9:00 a.m.	3:00 p.m.
Nombre	%	%
H1	81%	77%
H2	99%	52%
H3	73%	83%
CC	98%	78%
CO	83%	97%
S	86%	81%
Promedio	87%	78%

CASO MEJORADO 9AM		
Nivel	Nombre	PMV
Planta baja Zona Productiva	Fermentación	-0,4
	Clacificación	-0,3
	Triturado	0,9
	Elaboración	1,2
	Tostado	1
	Baño	1
	Secado	0,9

CASO MEJORADO 3PM		
Nivel	Nombre	PMV
Planta baja Zona Productiva	Fermentación	-0,4
	Clacificación	-0,3
	Triturado	-0,5
	Elaboración	-0,4
	Tostado	0,7
	Baño	1
	Secado	0,9

CASO MEJORADO		
Resultados dentro del umbral de 9		
	9:00 a.m.	3:00 p.m.
Nombre	%	%
H1	81%	77%
H2	99%	52%
H3	73%	83%
CC	98%	78%
CO	83%	97%
S	86%	81%

CASO BASE		
Resultados dentro de umbral		
	9:00 a.m.	15:00 P.M.
Nombre	%	%
H1	81%	19%
H2	52%	0%
H3	71%	29%
CO	68%	10%
CC	68%	0%
S	85%	13%





Universidad  
Indoamérica

**Arquitectura**

Quito, 2023