

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ARTES

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN
ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE DOS
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS EN VIVIENDAS DE
PUERTO BAQUERIZO MORENO GALÁPAGOS. EJEMPLIFICACIÓN
DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO SOSTENIBLE”

ARQ. MYRIAN JEANNETH CHAVEZ VILEMA

DIRECTORA: ARQ. MST. SYLVIA JIMÉNEZ

QUITO – ECUADOR
2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis dos hijos, Iván Andrés y Doménica quienes con su infinito amor me han apoyado y han sido el motivo de mi vida, además dedico a dos seres especiales quienes con su fidelidad han sido compañía en este camino de mi investigación Miku y Chipi.

INDICE

Lista de Tablas	IV
Lista de Figuras	VIII
Lista de Anexos	XIV
Resumen	XV
Abstract	XVI

CAPITULO I

1.1	Antecedentes	1
1.2	Problemática	2
1.3	Justificación	2
1.4	Objetivos	3
	Objetivo General	
	Objetivos específicos	
1.5	Hipótesis	3
1.6	Metodología	4

CAPITULO II

2.1	Estado del arte	7
2.2	Lugar y clima	12
2.3	Variables del clima	12
	Temperatura del aire	
	Humedad relativa	
	Movimiento del aire	
	Radiación solar	
	Precipitaciones	
	Nubosidad	
2.4	Efectos micro climáticos	16
	Orientación en relación al sol y al viento	

	Forma	
	Altitud	
	Masas de agua	
	Vegetación	
	Clima urbano	
2.5	Sistemas constructivos _____	18
	Sistema constructivo común	
	Sistema constructivo sostenible	
2.6	Envolvente _____	19
	Comportamiento térmico en la envolvente	
	Transferencia del Calor a través de la envolvente	
	Inercia térmica	
	Amplitud térmica	
	Zona de confort higrotérmica	
2.7	Materiales de construcción _____	24
	Propiedades térmicas de los materiales	
	Resistencia térmica de elementos compuestos	
	Propiedades físicas de los materiales	
2.8	Normativas. _____	26

CAPITULO III:

3.1.	Zonificación climática _____	28
	Datos Lugar y clima de Puerto Baquerizo Moreno- San Cristóbal Galápagos	
	Impacto ambiental de la construcción en Puerto Baquerizo Moreno	
3.2.	Recolección de datos _____	33
	Delimitación de la zona de estudio	
	Catalogación de las viviendas para la selección de los casos de estudio	
	Selección de los casos de estudio	
	Materialidad de los casos de estudio	
3.3.	Evaluación in-situ _____	46
	Toma de datos a escala real en los casos de estudio	
	Análisis de datos in – situ de cada caso de estudio	

Análisis comparativo y cualitativo de la casa de estudio

3.4. Análisis Sistémico de los casos de estudio	100
Estrategias pasivas para los casos de estudio	
3.5. Análisis de las simulaciones digitales	111
Simulación con sistemas constructivos propuesto	
Comparación de los resultados de las simulaciones térmicas digitales con los resultados del análisis de las viviendas en estudio	
3.6. Análisis Sistémico de la propuesta	122
Ejemplificación de un sistema constructivo sostenible	

CAPITULO IV

4.1 Conclusiones	125
Bibliografía	128
Anexos	133

Lista de Tablas

Tabla 1. Intervalos de temperatura para la zona de confort de acuerdo a la ISO 7730 y la ASHRAE DTD 55. Fuente (B. G. Rodrigo, 2012)	24
Tabla 2. Valores recomendados para la transmitancia térmica y el nivel de desempeño térmico para clima cálido húmedo, en base a la normativa IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730. Fuente (Netto, 2016) (Atem, 2012)	25
Tabla 3. Promedio de datos meteorológicos INAMI. Elaboración propia con datos INAMI 2017	29
Tabla 4. Matriz de selección: porcentaje de viviendas catalogadas. Elaboración propia 2017	37
Tabla 5. Calculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la envolvente vertical de la vivienda 1. Fuente propia con datos de la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG.	41
Tabla 6. Calculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la cubierta de la vivienda 1. Fuente propia con datos de la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG.	41
Tabla 7. Comparación de resultados obtenidos en la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG. Con los datos de las diferentes normativas NORMATIVA IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730 W/ (m2K) y de la NEC-11 W/ (m2K). (Capitulo II)	42
Tabla 8. Calculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la envolvente vertical este y oeste de la vivienda 2. Fuente propia con datos de la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG.	44
Tabla 9. Calculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la cubierta de la vivienda 1. Fuente propia con datos de la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG.	45
Tabla 10. Comparación de resultados obtenidos en la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG. Con los datos de las diferentes normativas NORMATIVA IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730 W/ (m2K) y de la NEC-11 W/ (m2K) (Capitulo II)	45
Tabla 11. Protocolo de mediciones vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017	46
Tabla 12. Protocolo de mediciones vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017	47
Tabla 13. Registro de temperaturas promedios máximas y mínimas durante los 6 días de monitoreo del dormitorio 1 de la vivienda 1. Elaboración propia 2017	49

Tabla 14. Análisis de la amplitud térmica de la temperatura interior y exterior del dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	61
Tabla 15. Análisis de la inercia térmica de la envolvente en el dormitorio de la vivienda 1 (Anexo 4). Elaboración propia 2017 _____	62
Tabla 16. Registro de temperaturas máximas y mínimas durante los 6 días de monitoreo de la sala de la vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	63
Tabla 17. Análisis de la amplitud térmica de la envolvente de la sala en la vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	73
Tabla 18. Análisis de la inercia térmica de la envolvente de la sala en la vivienda 1 (Anexo 4). Elaboración propia 2017. _____	74
Tabla 19. Análisis cualitativo del porcentaje de horas de confort interior del dormitorio y la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	75
Tabla 20. Análisis cualitativo del porcentaje de horas de confort interior del dormitorio y la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	77
Tabla 21. Análisis cualitativo del porcentaje de horas de confort interior techo del dormitorio y la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	79
Tabla 22. Análisis cualitativo del porcentaje de horas de confort interior de la envolvente vertical del dormitorio y la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017 ____	80
Tabla 23. Registro de temperaturas promedios máximas y mínimas durante los 6 días de monitoreo de la vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	81
Tabla 24. Análisis de la amplitud térmica de la envolvente vertical en la vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	92
Tabla 25. Análisis de la inercia térmica de la envolvente vertical en la vivienda 2 (Anexo 6). Elaboración propia 2017 _____	93
Tabla 26. Análisis comparativo de la amplitud térmica de la temperatura interior de la envolvente vertical en la vivienda 1 y vivienda 2. Fuente propia 2017 _____	94
Tabla 27. Análisis comparativo y cualitativo del porcentaje de horas de confort interior en la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia _____	95
Tabla 28. Análisis comparativo de la amplitud térmica de la temperatura exterior de la envolvente vertical en la vivienda 1 y vivienda 2 _____	96
Tabla 29. Análisis comparativo y cualitativo del porcentaje de horas de confort interior en la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	96
Tabla 30. Análisis comparativo de la amplitud térmica de la temperatura interior en el techo de la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia _____	98

Tabla 31. Análisis comparativo y cualitativo del porcentaje de horas de confort interior en el techo de la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	99
Tabla 32. Análisis comparativo de la inercia térmica de la envolvente vertical de la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	99
Tabla 33. Resumen comparativo de las temperaturas internas máximas, mínimas, promedios y el total de horas fuera de confort diarias de las simulaciones térmicas de la vivienda 1 original y de la vivienda 1 con la estrategia pasiva de sombra. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____	104
Tabla 34. Resumen de las horas sin confort y horas en confort que se obtuvieron con la estrategia pasiva de sombra en la vivienda 1. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____	105
Tabla 35. Resumen del porcentaje de horas de confort de la vivienda 1 original y de la vivienda 1 con sombreado, datos obtenidos en las simulaciones con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Fuente propia 2018 _____	106
Tabla 36. Resumen comparativo de las temperaturas internas máximas, mínimas, promedios y el total de horas fuera de confort diarias de las simulaciones térmicas de la vivienda 2 original y de la vivienda 2 con la estrategia pasiva de sombra. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____	109
Tabla 37. Resumen de las horas sin confort y horas en confort que se obtuvieron con la estrategia pasiva de sombra en la vivienda 2. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____	110
Tabla 38. Resumen del porcentaje de horas de confort de la vivienda 2 original y de la vivienda 2 con sombreado, datos obtenidos en las simulaciones con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Fuente propia 2018 _____	111
Tabla 39. Promedios de horas sin confort y promedio de horas en confort de la vivienda 1 original, con la estrategia pasiva de sombra y con el sistema constructivo mejorado Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____	115
Tabla 40. Promedios de horas sin confort y promedio de horas en confort de la vivienda 2 original, con la estrategia pasiva de sombra y con el sistema constructivo mejorado Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____	116

Tabla 41. Resumen comparativo de las temperaturas internas máximas, mínimas, promedios y el total de horas fuera y dentro de confort diarias de las simulaciones térmicas de la vivienda 1 y 2 con el sistema constructivo propuesto. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

117

Tabla 42. Comparación numérica de las simulaciones térmicas entre las viviendas 1 y 2 en estado original, con la estrategia de sombra y con el sistema constructivo propuesto en porcentaje de horas de confort y horas sin confort durante los 7 días de simulación. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder

5.5.0.012-Energy Plus 8.6 _____ 119

Tabla 43. Comparación numérica de las temperaturas internas en las simulaciones térmicas entre las viviendas 1 y 2 con el sistema constructivo propuesto en el porcentaje de horas en confort y horas sin confort durante 30 días en los meses de marzo, junio y octubre Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____ 121

Tabla 44. Comparación numérica de las humedades relativas en las simulaciones térmicas entre las viviendas 1 y 2 con el sistema constructivo propuesto en el porcentaje de horas en confort y horas sin confort durante 30 días en los meses de marzo, junio y octubre Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____ 122

Lista de Figuras

Figura 1. Metodología en base a la investigación de Nguyen, 2011, adaptada a la investigación propuesta. Elaboración propia 2017 _____	6
Figura 2. Detalle losa sistema constructivo EMMEDUE (M2). Fuente (Lora, 2015)	10
Figura 3. Viviendas para Santa Cruz MIDUVI. Fuente (Luna, 2013) _____	11
Figura 4. Grafica de la relación de la Amplitud térmica exterior e interior, desfase y amortiguamiento (inercia térmica) y ecuación de $f = \text{amortiguamiento}$ y $FRO = \text{factor de reducción de la onda}$. (Salaverry, 2008) _____	22
Figura 5. Diagrama Bioclimático de Olgyay, determinando la zona de confort para temperatura entre 22 °C y 27 °C y Humedad Relativa 30% y 0%. Fuente (Moran, 2015) _____	23
Figura 6. Temperaturas máximas, mínimas y promedios del año tipo 2005, y selección del mes de estudio. Fuente propia con datos del INAMI 2017 _____	28
Figura 7. Grafica de temperaturas exteriores desde el 12 de junio hasta el 17 de junio del 2017. Elaboración propia con datos de meteoblue weather 2017 _____	30
Figura 8. Resumen de la dirección del viento mes a mes ECOTEC año 2005. Elaboración propia 2017 _____	31
Figura 9. Malla urbana PUERTO BAQUERIZO MORENO GAD – SAN CRISTOBAL GALAPAGOS. Fuente GAD San Cristóbal Galápagos 2017 _____	34
Figura 10. Delimitación del Sector #3. Elaboración propia con datos del GAD San Cristóbal Galápagos 2017 _____	35
Figura 11. Área para la selección de los casos de estudio. Elaboración propia con datos del GAD San Cristóbal Galápagos 2017 _____	35
Figura 13. Porcentaje de viviendas catalogadas para la selección de los casos de estudio. Elaboración propia 2017 _____	37
Figura 14. Ubicación de las viviendas seleccionadas de la catalogación para el análisis de la investigación. Elaboración propia con datos del GAD San Cristóbal Galápagos 2017 _____	38
Figura 15. Plantas, cortes y fachadas vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	39
Figura 16. Fotografías de la vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	39
Figura 17. Detalle del sistema constructivo de la pared y de la cubierta de la vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	40
Figura 18. Planta, cortes y fachadas vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	42

Figura 19. Fotografías de la Vivienda 2 Elaboración propia 2017 _____	43
Figura 20. Detalle del sistema constructivo de la pared y de la cubierta de la vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	44
Figura 21. Ubicación de los dispositivos de medición datalogger en el dormitorio y la sala de la vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	48
Figura 22. Resumen de mediciones de Humedades Relativas diarias en el dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	50
Figura 23. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	50
Figura 24. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior en el techo del dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017 ____	51
Figura 25. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa exterior del dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	52
Figura 26. Valores de la temperatura en la envolvente sur del dormitorio de la vivienda 1 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017 _____	52
Figura 27. Asoleamiento sobre la vivienda 1, radiación indirecta sobre la pared sur y radiación directa sobre la cubierta. Elaboración propia 2017 _____	53
Figura 28. Registro de temperatura interior diaria y franja de confort. Elaboración propia. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior del dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	54
Figura 29. Registro de temperatura diaria interior del techo y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior del techo en el dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	56
Figura 30. Registro de temperatura diarias interior de la materialidad de la envolvente vertical (termocuple) y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior de la materialidad (termocuple) de la pared del dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	57
Figura 32. Análisis por hora de la temperatura interior y exterior en el dormitorio de la vivienda 1, categorización de rangos de temperatura alta media y baja por hora. Elaboración propia 2017 _____	60
Figura 33. Resumen de mediciones de Humedades Relativas diarias en la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	63
Figura 34. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior sala vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	64

Figura 35. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior techo sala vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	64
Figura 36. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa exterior sala vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	65
Figura 37. Valores de la temperatura en la envolvente norte de la sala vivienda 1 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017 _____	65
Figura 38. Asoleamiento sobre la vivienda 1, radiación directa sobre la envolvente (pared) norte y la cubierta. Elaboración propia 2017 _____	66
Figura 39. Registro de temperatura interior diaria en la sala y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	67
Figura 40. Registro de temperatura interior diaria en el techo sala y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior techo de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	68
Figura 41. Registro de temperatura interior diaria de la materialidad de la envolvente vertical (termocuple) sala y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior de la materialidad de la envolvente vertical de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	70
Figura 42. Registro de temperatura exterior diaria sala y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de temperatura exterior de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	71
Figura 43 Análisis por hora de la temperatura en la sala de la vivienda 1, horas fuera de confort diarias y categorización de rangos de temperatura alta media y baja por hora. Elaboración propia 2017 _____	72
<i>Figura 44. Análisis comparativo de temperaturas internas de la sala y el dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____</i>	<i>74</i>
Figura 45. Comparación numérica de temperaturas interiores del dormitorio y sala vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	75
Figura 46. Análisis comparativo de temperaturas exteriores de la sala y el dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	76
Figura 47. Comparación numérica de temperaturas exteriores del dormitorio, sala y del aire exterior vivienda 1. Elaboración propia _____	77
Figura 48. Análisis comparativo de temperaturas interiores del techo de la sala y el dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	78

Figura 49. Comparación numérica de temperaturas interiores del techo en el dormitorio, sala vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	78
Figura 50. Análisis comparativo de temperaturas interiores la envolvente de la sala y el dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	79
Figura 51. Comparación numérica de temperaturas interiores de la envolvente vertical en el dormitorio, sala vivienda 1. Elaboración propia 2017 _____	80
Figura 52. Ubicación de los dispositivos de medición Datalogger en la vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	81
<i>Figura 53. Resumen de mediciones de Humedades Relativas diarias en la vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____</i>	82
<i>Figura 54. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior vivienda 2. Elaboración propia 2017. _____</i>	83
Figura 55. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior techo vivienda 2. Elaboración propia 2017. _____	83
Figura 56. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa exterior vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	84
Figura 57. Valores de la temperatura en la envolvente norte vivienda 2 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017. _____	84
Figura 58. Asoleamiento sobre la vivienda 2, radiación directa sobre la pared norte y radiación directa sobre la cubierta. Elaboración propia 2017 _____	85
Figura 59. Registro de temperatura interior diaria y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de temperatura exterior de la sala vivienda 2. Elaboración propia 2017 _____	86
Figura 60. Registro de temperatura interior del techo diaria y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de temperatura exterior de la sala vivienda 2. Elaboración propia 2017. _____	87
Figura 61. Registro de temperatura interior diaria de la materialidad de la envolvente vertical (termocuple) y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior de la materialidad de la envolvente vertical de la vivienda 2. Elaboración propia 2017. _____	89
Figura 62. Registro de temperatura exterior diaria sala y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de temperatura exterior de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017. _____	90

Figura 63. Análisis por hora de la temperatura de la vivienda 2, horas fuera de confort diarias y categorización de rangos de temperatura alta media y baja por hora. Elaboración propia 2017	91
Figura 64. Comparación de temperaturas internas en la envolvente de la vivienda 1 y vivienda 2 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017.	93
Figura 66. Comparación de temperaturas interior en el techo de la vivienda 1 y vivienda 2 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017.	97
Figura 67. Cálculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la envolvente vertical y horizontal (cubierta) de la vivienda 1 y vivienda 2. Fuente propia con datos de la simulación térmica Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.	101
Figura 68. Detalle de la radiación solar directa sobre la envolvente vertical norte de la vivienda 1, detalle de la propuesta de la estrategia pasiva de sombreado y ventilación natural y nocturna. Elaboración propia 2017	102
Figura 69. Comparación de temperaturas internas de la simulación en las dos zonas térmicas y de la vivienda 1 realizadas desde el 12 de junio hasta el 18 de junio del 2005, Grafica de la radiación solar directa y difusa datos registrados en la simulación térmica con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Elaboración propia 2018 con datos de las simulaciones.	103
Figura 70. Detalle del modelo de la vivinda 2, detalle de la radiación solar directa sobre la envolvente vertical norte de la vivienda 2, detalle de la propuesta de la estrategia pasiva de sombreado y ventilación natural y nocturna aplicados en las simulaciones térmicas con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.. Elaboración propia 2017	107
Figura 71. Comparación de temperaturas internas de la simulación de la vivienda 2 realizadas desde el 12 de junio hasta el 18 de junio del 2005, Grafica de la radiación solar directa y difusa datos registrados en la simulación térmica con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Elaboración propia 2018 con datos de las simulaciones.	108
Figura 72. Geometria del modelo software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. de la vivinda 1 y vivienda 2 con el sistema constructivo mejorado. Fuente propia 2018	112
Figura 73. Cálculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la cubierta plana de la vivienda 1, de la cubierta inclinada de la vivienda 2 y el piso mejorado de las	

dos viviendas. Fuente propia con datos de la simulación térmica Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____	113
Figura 74. Comparación de temperaturas internas de la simulación de la vivienda 1 realizadas desde el 12 de junio hasta el 18 de junio del 2005, datos registrados en la simulación térmica con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Elaboración propia 2018 con datos de las simulaciones. _____	114
Figura 75. Comparación de temperaturas internas de la simulación de la vivienda 1 y 2 realizadas desde el 12 de junio hasta el 18 de junio del 2005, datos registrados en la simulación térmica con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Elaboración propia 2018 con datos de las simulaciones. _____	115
Figura 76. Comparación grafica de las simulaciones térmicas entre las viviendas 1 y 2 con el sistema constructivo propuesto de temperaturas en los 30 días en los meses de marzo, junio y octubre Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. _____	121
Figura 77. Detalle de la ejemplificación del sistema constructivo en la cubierta y el piso para la vivienda 1 y 2. Elaboración propia 2019 _____	124

Lista de Anexos

Anexo 1. Levantamiento fotográfico de las viviendas del sector_____	133
Anexo 2. Catalogación del levantamiento de viviendas en la zona seleccionada ____	135
Anexo 3. Cuadro de % Humedad Relativa horaria en dormitorio vivienda 1, en los 6 días de mediciones in-situ _____	139
Anexo 4. Cálculo de la inercia térmica en el dormitorio y la sala de la vivienda 1 _	140
Anexo 5. Cuadro de % Humedad Relativa horaria en la sala vivienda 2, en los 6 días de mediciones in-situ_____	141
Anexo 6. Cálculo de la inercia térmica de la vivienda 2_____	142
Anexo 7. Cuadro de % Humedad Relativa horaria en la vivienda 2, en los 6 días de mediciones in-situ_____	143
Anexo 8. Resumen de diario de temperatura interiores de las simulaciones vivienda 1 _____	144
Anexo 9. Resumen de diario de temperatura interiores de las simulaciones vivienda 2 _____	145

Resumen

Actualmente, la necesidad de obtener vivienda propia se ha convertido en una prioridad en el Ecuador. Esto se ve evidenciado a través del incremento de la construcción en los últimos años como lo es el caso de la población de Puerto Baquerizo Moreno (INEN, 2017). En este sector, el adquirir una vivienda propia representa un problema debido a varios factores, entre ellos, el elevado costo de los materiales de construcción, el déficit de mano de obra calificada y al mismo tiempo, la ausencia de un adecuado sistema constructivo sostenible. Como consecuencia, dichos factores han provocado una mala calidad de vivienda. El objetivo de esta investigación es analizar, comparar y evaluar dos sistemas constructivos comúnmente utilizados en Puerto Baquerizo Moreno-San Cristóbal Galápagos. Con el propósito de plantear mejoras en la construcción de las viviendas que respondan a las demandas climáticas del sector mediante un adecuado comportamiento térmico de los materiales utilizados. De la misma manera, la investigación busca ofrecer condiciones adecuadas de confort a sus habitantes. Para ello, el trabajo se desarrolla por medio de una metodología de investigación adaptada al contexto natural del sector. Para esta investigación se consideraran y se adecuaran a nuestro estudio las 6 fases propuestas: Zonificación climática, Recolección de datos, Evaluación in-situ, Análisis sistemático, Análisis de las simulaciones digitales y Análisis sistémico-resultados (Gatani, D2008) (Nguyen, 2011). Los resultados de este estudio permitirán la creación de mejoras y recomendaciones dirigidas a los sistemas constructivos en las viviendas. Con el fin de mejorar el comportamiento térmico y reducir las temperaturas internas, que busca obtener una vivienda más eficiente energéticamente y de calidad.

Abstract

Currently, the necessity to obtain own housing has become a priority in Ecuador. The evidence is shown through the increase of construction in the past years, in the case of Puerto Baquerizo Moreno's population (INEN, 2017). In this sector, acquiring a home of its own represents a problem due to several factors, among them, the high cost of construction materials, the shortage of skilled labor and at the same time, the absence of an adequate sustainable construction system. As a consequence, these factors have caused poor housing quality. The objective of this research is to analyze, compare and evaluate two constructive systems commonly used in Puerto Baquerizo Moreno-San Cristóbal Galápagos. By presenting improvements in the construction of the houses, the climatic demands of the sector are answered through an adequate thermal behavior of the materials used. In the same way, the research seeks to offer adequate comfort conditions to its inhabitants. In order to achieve this, the paper develops through a research methodology which is adapted to the natural context of the sector used. For this investigation the 6 proposed phases will be considered and adapted to our study: Climatic zoning, Collection of data, In-situ evaluation, Systematic analysis, Analysis of digital simulations and Systemic analysis-results (Gatani, D2008) (Nguyen, 2011). . The results of this study will allow the creation of improvements and recommendations aimed at building systems in homes. In order to improve the thermal behavior and reduce internal temperatures, it is sought to obtain a more energy efficient and quality housing.

CAPITULO I

1.1. Antecedentes

La población de Puerto Baquerizo Moreno se encuentra ubicada al suroeste de la isla San Cristóbal, siendo esta la capital de la provincia de Galápagos es considerada la segunda ciudad más poblada e importante del Archipiélago de Galápagos, de acuerdo al último censo del 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Puerto Baquerizo Moreno cuenta con 6.553 habitantes que en los últimos 10 años aumentó al 43%, como resultado de este incremento la malla urbana de la ciudad ha crecido, ante esto las autoridades del Municipio de San Cristóbal han generar políticas de planificación urbana, además los propietarios de tierras rurales cercanas a la población también han empezado a lotizar sus terrenos y venderlas generando una penetración hacia los sectores agrícolas.

De acuerdo al último Censo de INEC (2015) el 41,9 % de la población de San Cristóbal Galápagos posee vivienda propia y totalmente pagada, se considera que el 50.90% vive alquilando. El costo de la construcción es extremadamente alto debido a la falta de materiales e implementos de la construcción, a esto hay que sumarle la falta de mano de obra calificada lo que ha provocado la mala calidad de la vivienda. El objetivo de esta investigación es realizar un análisis comparativo del comportamiento térmico de dos sistemas constructivos diferentes utilizados en las viviendas de Puerto Baquerizo Moreno, el primero y más generalizado es el sistema constructivo que utiliza paredes de bloque enlucidas y losa plana de hormigón armado y el segundo sistema constructivo corresponde a las viviendas que utilizaron estructura de madera y planchas de zinc en la cubierta y paredes de bloque enlucidas.

Este análisis se lo hará con el fin de comparar y evaluar el comportamiento de los dos sistemas constructivos a las demandas climáticas del sector y la eficiencia de los materiales utilizados en el envolvente. Los resultados de este estudio permitirán dar recomendaciones para mejorar los sistemas constructivos en las viviendas de Puerto Baquerizo Moreno, en la mejora del comportamiento térmico de la envolvente y reducir las temperaturas internas para obtener una vivienda más confortable y de calidad.

Las investigaciones para establecer parámetros e indicadores en el análisis y la evaluación de la calidad de la vivienda tanto en comportamiento térmico son numerosas, para esta investigación se han considerado estudios realizados por (Barrios G., 2010) (Escorcía,

2012) (Herrera, 2010) (Huelsz G. B. G., 2014) (Mercado, 2010) que tienen un proceso metodológico y se ajusta a la propuesta que se está planteando.

1.2. Problemática

En la última década la población en la isla San Cristóbal no ha tenido un crecimiento igual que las otras islas, de acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, la tasa de crecimiento tendió a bajar a un 3,14% anual en la última década en este Cantón, lo que podría explicarse como resultado de la aplicación de regulaciones para control de la migración, en cambio el crecimiento de la mancha urbana ha tenido un aumento visible donde aproximadamente el 3% del territorio del cantón San Cristóbal, es utilizado en forma intensiva por los pobladores (Galapagos, 2016). En consecuencia importantes áreas naturales son ocupadas por las nuevas construcciones, generando una tipología semejante a las áreas urbanas de las poblaciones costeras del continente en cuanto a forma de diseño y al proceso constructivo, utilizando los mismos materiales tradicionales del continente que son llevados desde Guayaquil, encareciendo la construcción y haciendo que esta sea de mala calidad e inaccesible además que esta contribuye al deterioro del medio ambiente.

1.3. Justificación

De acuerdo al Plan Nacional para el Buen Vivir (2013-2017) documento vigente a la fecha de análisis de este estudio, entre los derechos de los ciudadanos para mejorar la calidad de vida en el artículo 14 hace la referencia “al derecho a un hábitat seguro y saludable y a una vivienda digna, adecuada con independencia y de calidad” (SENPLADES, 2013). En base a los datos del INEC (2017), el número de viviendas censadas en Puerto Baquerizo Moreno son de 1952 de las cuales 1150 (58.94 %) viviendas están catalogadas como viviendas de mala calidad, definiéndole a la población isleña con un déficit habitacional cualitativo que va en tres dimensiones, materialidad, espacio y servicio siendo el más representativo las viviendas de mala calidad material con 947 (48.51%) unidades. Con esta investigación se pretende dar recomendaciones para un sistema constructivo adecuado donde el uso de los materiales sean los adecuados para mejorar la calidad térmica interior de las viviendas.

1.4. Objetivos

Objetivo General

Ejemplificar un sistema constructivo en base al análisis comparativo del comportamiento térmico de dos sistemas constructivos comunes utilizados en Puerto Baquerizo Moreno, para mejorar la calidad térmica de la vivienda

Objetivos específicos

Seleccionar dos sistemas constructivos diferentes de vivienda a partir de una matriz de catalogación con el fin de obtener dos casos de estudios

Analizar y comparar datos in-situ obtenidos del comportamiento térmico de los dos casos de estudios para evaluar y proponer estrategias pasivas para mejorar la calidad térmica interior de las viviendas.

Proponer criterios constructivos a partir del estudio de las simulaciones digitales, para fomentar la generación de un sistema constructivo sostenible, que mejore el desempeño térmico de las viviendas en Puerto Baquerizo Moreno.

1.5. Hipótesis

La población podría acceder a una vivienda de calidad con una propuesta de sistema constructivo sostenible con materiales locales y de bajo impacto ambiental resultado del análisis comparativo del comportamiento térmico en dos sistemas constructivos de Puerto Baquerizo Moreno-Galápagos.

1.6. Metodología

Se utiliza una metodología de investigación adaptada al contexto natural y social del sector de la que se plantean seis fases: Zonificación climática, Recolección de datos,

Evaluación in-situ, Análisis sistémico (caso de estudio), Análisis de las simulaciones digitales y Análisis sistémico (Resultados y ejemplificación de un sistema constructivo sostenible).

Zonificación climática.

Se trabaja en base a la metodología planteada por (Gatani, D2008) con los datos del lugar y el clima de la zona (Nguyen, 2011), además se toma como referencia investigaciones en climas cálidos húmedos para el análisis de los datos de las variables de temperatura exterior, la velocidad del viento y la humedad relativa (Ugarte J. , 1999) que se obtuvieron de la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto de Puerto Baquerizo Moreno de un promedio de 30 años (1986-2016). De las condiciones meteorológicas obtenidas se consideró los datos del mes de junio para realizar las mediciones en sitio ya que es el mes intermedio y de transición entre la temporada de calor (invierno) a la temporada fresca (verano), estos datos servirán para ser analizadas y comparadas en las simulaciones digitales.

Recolección de datos.

Para esta fase de la investigación se tomó como referencia la metodología de delimitación, búsqueda y luego selección (Guamán, 2016), donde antes de la selección del caso de estudio hay que determinar los límites del área seleccionada así como la trama urbana, no se debe considerar la zona comercial, descartar viviendas que tengan funciones mixtas (comercio y vivienda), descartar viviendas de sistemas constructivos mixtos, seleccionar viviendas del mismo número de pisos y que tipo de cubierta (losa e inclinada), estado de las viviendas , además se consideró otras variables de selección como fue la forma, la orientación óptima (Vassig, 2012) y la ubicación de la vivienda con respecto a los vientos predominantes. Con estos parámetros se procedió a ubicar las viviendas en el área de estudio y obtener una matriz de catalogación y selección de los casos de estudio.

En esta fase se llega al análisis formal de la vivienda donde utilizamos la metodología de análisis (Antarikananda, 2012), dando como resultado una evaluación cualitativa. En primera instancia se obtiene una matriz donde se analiza la forma, función, materiales del envolvente y de cubierta, detalles constructivos (Guamán, 2016). Se procede a una catalogación de los materiales utilizados en la envolvente y en cubiertas de los casos de estudio (materiales utilizados en la estructura, paredes, piso y cubierta) (Nguyen, 2011) y cómo influyen los materiales de construcción en el medio ambiente.

Evaluación in-situ

Se realiza una medición a escala real del microclima en los casos de estudio de acuerdo a la metodología descrita por (Nguyen, 2011), en este proceso se obtendrá una evaluación más precisa, las mediciones se realizaron en el mes de junio durante el 12 de junio al 17 de junio del 2017, considerando la limitante del tiempo y la disponibilidad de los equipos de medición se realizaron las mediciones in-situ durante 6 días en las dos viviendas seleccionadas. Los instrumentos a utilizarse son Datalogger: 7 HOBO Bluetooth Low Energy Temperature/Relative Humidity Datalogger y 5 Datalogger para Temperatura y Humedad Rc 4 Hc que serán utilizados para medir la temperatura del aire y la humedad relativa exterior e interior.

Las tomas se realizarán tomando en cuenta la norma ISO 7726:2002 Ergonomía del ambiente térmico-Instrumentos de medida de las magnitudes físicas. Como resultado se realizará una evaluación cuantitativa y cualitativa.

Análisis Sistémico

En esta fase de acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas en la etapa anterior de se procede a dar propuestas pasivas para poder mejorar el comportamiento térmico del sistema constructivo de las viviendas estudiadas.

Análisis de las simulaciones digitales

En esta fase se realizara las simulaciones digitales en los mismos días que se realizaron las mediciones in-situ y por un mes completo en marzo, junio y octubre para determinar el comportamiento térmico de las viviendas seleccionadas en diferentes condiciones climáticas que transcurren durante un año para luego realizar una comparación con los resultados de las simulaciones térmicas de las dos viviendas con el sistema constructivo propuesto.

Se utilizara el Software de simulación de rendimiento térmico Design Builder 5.5.0.012 que incluye el motor de cálculo para la modelación Energy Plus 8.6, se trabajara con los datos meteorológicos obtenidos de la estación del INAMHI en el aeropuerto de Puerto Baquerizo Moreno.

Análisis sistemático-resultados

Constituye la etapa final donde se exponen la discusión de los resultados finales de los análisis de los resultados por vivienda, comparación de resultados entre las dos viviendas, evaluación cuantitativa y cualitativa y finalmente las recomendaciones. Los resultados de este estudio permitirán dar recomendaciones para mejorar los sistemas constructivos en las viviendas para mejorar el comportamiento térmico y reducir las temperaturas internas para obtener una vivienda más eficiente y de calidad (Nguyen, 2011). (Figura 1)



Figura 1. Metodología en base a la investigación de Nguyen, 2011, adaptada a la investigación propuesta. Elaboración propia 2017

CAPITULO II

2.1. Estado del Arte

Las investigaciones para establecer parámetros e indicadores en el análisis y la evaluación de la calidad de la vivienda tanto en comportamiento térmico son numerosas, para esta investigación se han considerado estudios realizados por Alías (2010), Barrios G (2010), Escorcia (2012), Herrera (2010), Huelsz G. B. G (2014), Mercado (2010) que tienen un proceso metodológico y se ajuste a la propuesta que se está planteando.

Para la investigación internacionales se tomó como base de estudio al análisis del comportamiento térmico-energético en una vivienda en la ciudad de Tucumán, para lo cual se consideró el sistema constructivos de uso común de la envolvente exterior, con el objetivo de analizar el coeficiente de transmitancia térmica de la materialidad del sistema constructivo, para lo que se realizaron simulaciones digitales con el fin de analizar el comportamiento térmico de la envolvente exterior, experimentando con diferentes orientaciones para lo que se tomó en cuenta las diferentes variaciones de temperatura que se registró en la vivienda. (Martínez, 2005)

Las investigaciones mexicanas han apuntado a los temas de reducción del consumo de energía del aire acondicionado, algunas se han basado en modelos de transferencia de calor dependientes del tiempo, tomando en cuenta la resistencia térmica de la envolvente y su capacidad de almacenamiento térmico. Huelsz, G., Barrios, G., & Rojas, J.(2014) analizan y comparan los resultados de la transferencia de calor pared-techo de dos modelos el estacionario y el dependiente del tiempo, para este análisis se tomó en cuenta cuatro sistemas constructivos en tres ciudades mexicanas, este análisis se realizó en edificios climatizados y no climatizados, los resultados arrojados por el estudio determinó una diferencia mayor del 80% entre el modelo estacionario y el modelo dependiente del tiempo en viviendas con climatización y un valor del 800% en viviendas no climatizadas. (Huelsz G. B. G., 2014)

Con el objetivo de analizar el desempeño térmico del parque habitacional en la provincia de Corrientes y El Chaco, se realizó una investigación mediante un monitoreo experimental en una muestra de 15 viviendas las que luego serían comparadas con simulaciones digitales (Autodesk-Ecotect). La temperatura exterior fue medida a la sombra en intervalos de 30 minutos, al igual que la temperatura de bulbo seco al interior

de las viviendas, la humedad relativa y la radiación solar sobre la superficie horizontal. La humedad relativa y temperatura externa fueron realizadas con un datalogger, la amplitud de medición fue de 0 a 100% de HR, con un error de +/- 1,5% a 25°C y con una amplitud de medición de temperaturas de entre -15°C y 65°C y una apreciación de 0,1 °C. Los resultados arrojados en las viviendas monitoreadas sobrepasaron los 31°C durante las 24 horas, para poder mejorar estos valores se realizaron una serie de simulaciones digitales hasta obtener mejoras del desempeño térmico y energético lo que permitió proponer mejoras de la envolvente (Alías, 2010)

Los estudios sobre estrategias de diseño que se adapten al clima son generalizados especialmente en climas cálidos húmedo donde el interés por estudiar la arquitectura tradicional vernácula conocidas por su diseño de ahorro de energía y la utilización de materiales locales, en la investigación (Nguyen, 2011) implementa una metodología adaptada al contexto natural y social de Vietnam donde utilizan diversas estrategias bioclimáticas en respuesta al clima logrando determinar que no es suficiente para mantener el confort térmico interior. El objetivo de este estudio fue recomendar soluciones de diseño y construcción para un desarrollo sostenible y preservar la tecnología vernácula de Vietnam. Para el estudio se utilizaron 6 viviendas entre rurales y urbanas de tres diferentes regiones de Vietnam, para el análisis fueron seleccionados los datos de diciembre y junio (invierno y verano), se procedió a detallar las estrategias bioclimáticas que utilizaban las viviendas a través del método cualitativo de la descripción de la imagen, logrando catalogar ventajas y desventajas, la estrategia más utilizada fue la ventilación natural. Las mediciones en sitio de la humedad relativa, velocidad del viento e iluminación natural fueron medidas cada 10 min de acuerdo a lo que recomienda la ISO 7726. Para las simulaciones del rendimiento térmico se utilizó la herramienta digital COMFIE que fue validada por herramientas similares DOE2, TRNSYS, TAS, SIMULA, CODYBA, confirmado los resultados. En conclusión este estudio determinó los edificios de construcción vernácula cumplen con los parámetros adecuados del confort interno dentro de las viviendas de acuerdo al análisis cualitativo realizado, la ventilación natural, la orientación del edificio, la forma del edificio y el sombreado solar son las estrategias más comúnmente empleadas. (Nguyen, 2011)

Una de las estrategias pasivas de refrigeración más utilizadas en climas cálidos húmedos es la ventilación nocturna, dando solución a mejorar las condiciones de confort interno dentro de las viviendas. En Malasia esta técnica es generalizada en la mayoría de las

edificaciones para disminuir la temperatura interior de los ambientes y de la estructura de la construcción, especialmente en edificios con una inercia térmica alta dada por la condición del grosor de sus cerramientos. La investigación se realizó en viviendas que no utilizaron refrigeración mecánica, para la selección de las viviendas se efectuaron encuestas explicando la actividad de los ocupantes hacia el uso de las ventanas y aire acondicionado dando como resultado el 40% de un piso y el 60% a las de dos pisos. Concluyendo con los resultados obtenidos que ventilación nocturna es más eficaz que las otras estrategias utilizadas de ventilación durante el día y la noche. Las mediciones obtenidas dieron como resultado una reducción de la temperatura máxima interior de 2.5°C y durante la noche se redujo a 2.08°C en promedio. (Kubota, 2009)

Depende de los materiales de la construcción de una edificación para obtener un resultado positivo del comportamiento térmico interior de la vivienda, dependiendo de las condiciones climáticas donde está emplazada la construcción, por lo que hay que tomar en cuenta las características del clima (Olgyay, 1998). (Diaz, 2011). Para Sosa y Rosales (2000) el equilibrio térmico está dado por un acondicionamiento pasivo y el control de los aportes de calor a través de aberturas mediante la ventilación natural, en su trabajo muestran como los diferentes elementos de los sistemas constructivos son reguladores de las ganancias de temperatura, para lo que hacen una evaluación comparativa térmica de diferentes sistemas constructivos en Venezuela, utilizando el cálculo simplificado de la temperatura utilizado para climas tropicales, para lo que consideran la geometría (Vassig, 2012), la ubicación y las condiciones climáticas exteriores (Olgyay, 1998) (Hobaica, Sosa, & Rosales, 2000) .

Evaluación de la Eco eficiencia Constructiva de un prototipo de Vivienda Bioclimática desarrollada para el clima Tropical Cálido Húmedo en Venezuela, se consideró esta investigación por el análisis de los recursos materiales consumidos en la vivienda bioclimática VBP, este evalúa el consumo de los materiales, la producción de residuos y elementos tóxicos que se presentan en los sistemas de construcción para este prototipo. (Ramírez, 2008)

Algunos estudios dan importancia a los materiales de la envolvente y como estos actúan frente a la radiación solar en la transferencia del calor en forma de ganancias o pérdida de energía calorífica. En las investigaciones que se han realizado en San Miguel-Tucumán caracterizado por tener un clima cálido húmedo, una de las investigaciones considera la

decisión de tomar al diseño en cuanto a forma, orientación y a la selección de los materiales constructivos como primordiales frente al comportamiento térmico energético de las construcciones, en donde proponen una solución al problema analizado en la cubierta utilizando poliestireno expandido como material aislante por tener mayor capacidad de aislamiento térmico frente a las condiciones externas de calor (Martinez, 2016).

A nivel de tesis se han hecho varias investigaciones sobre sistemas constructivos utilizados, es el caso de los paneles estructurales de poliestireno expandido EMMEDUE (M2) sistema constructivo utilizado por más de 30 años, compuesto por paneles donde la parte medular es de polietileno expandido, sujeto a los dos lados por una malla de acero unidas por conectores electro soldadas, este sistema constructivo por lo general es utilizado en toda la envolvente. En la investigación de Lora (2015) las viviendas construidas con este sistema constructivo, fueron analizadas toda la envolvente de la edificación en su comportamiento térmico a través de las evaluaciones del confort térmico con simulaciones digitales utilizando el programa Design Builder, La investigación determinó que el comportamiento térmico era mejor que el sistema constructivo tradicional de hormigón armado (Figura 2). (Lora, 2015), Sin embargo el sistema m2 tiene problemas de infestación del poliestireno y moho, lo que ha hecho que en Italia se hayan derrocado edificios completos en un tiempo de vida inferior al del hormigón.

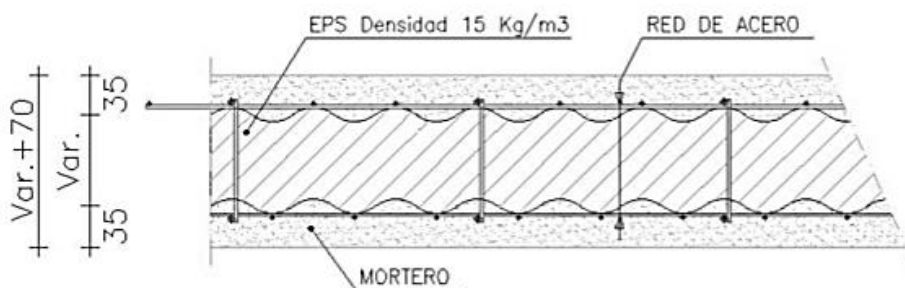


Figura 2. Detalle losa sistema constructivo EMMEDUE (M2). Fuente (Lora, 2015)

Por medio del MIDUVI el gobierno ecuatoriano está impulsando cambios en el sector de la vivienda social, tal es el caso del plan piloto de vivienda bioclimática en el cantón Santa Cruz, provincia de Galápagos donde proponen una vivienda que incorpora el sistema constructivo M2 con aislamiento térmico y acústico, un sistema de recolección y tratamiento de aguas lluvia, tratamiento de aguas negras y reciclaje de aguas grises además un sistema de energías renovables (Figura 3).

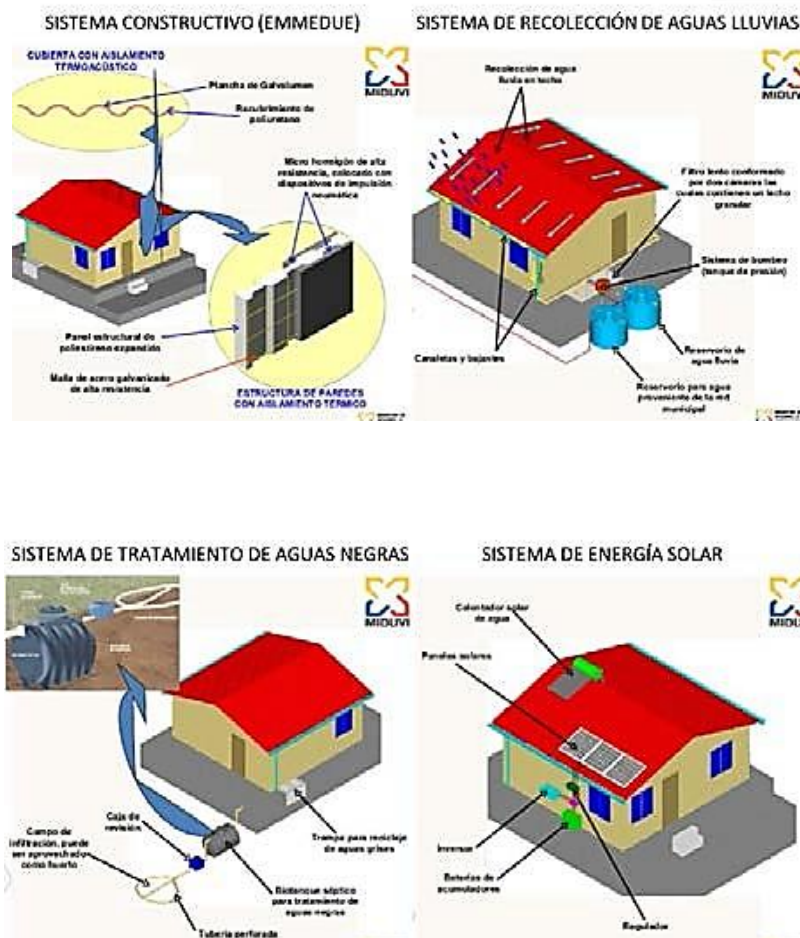


Figura 3. Viviendas para Santa Cruz MIDUVI. Fuente (Luna, 2013)

A nivel nacional el INER está realizando investigaciones en temas de eficiencia energética y energías renovables, uno de los proyectos es el estudio para edificaciones de bajo consumo energético en el cantón Urququí, en las edificaciones que serán parte del proyecto Yachay, cuyo objetivo es el análisis de las condiciones de confort térmico y la eficiencia de los materiales utilizados en la envolvente de la edificación. Se evaluó tres tipos de vivienda en los que se modificó la materialidad del envolvente las cuales se sometieron a simulaciones térmicas, se analizaron estrategias pasivas determinando las de mayor desempeño térmico, la aislación térmica y protección solar. (Miño, 2013)

Las universidades también tienen un rol importante dentro de la investigación, tal es el caso de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, la Carrera de Arquitectura ha presentado el proyecto de investigación Construcción de un Prototipo de Vivienda Autónoma Sustentable en Nayón Ecuador, cuya metodología permitió evaluar el confort térmico y la eficiencia energética así como los procesos de movilización, montaje y

desmontaje, se trabajó con materiales reciclados el 80% para minimizar la huella ecológica de la construcción y el 20% es la base estructural de madera con certificación de origen, el sistema constructivo es flexible y replicable. La selección de las técnicas pasivas de climatización en el aislamiento térmico, masa térmica y ganancia por re irradiación fueron efectivas teniendo una variación del 20% del modelo teórico propuesto. (Calle, 2013)

2.2. Lugar y clima

El clima es uno de los factores determinantes en el diseño arquitectónico sostenible, el adecuar la construcción a las condiciones climáticas genera ahorro en el consumo energético y mejora el bienestar térmico de las personas que lo habitan (Díaz, 2011). Los datos climáticos tienen que ser analizados de acuerdo a la región y a las características anuales de los elementos del clima como la temperatura, humedad relativa, movimiento del aire, radiación solar, nubosidad y precipitaciones, que son considerados reguladores del entorno natural, cualquier cambio que se produzca en el clima tiene efectos en el entorno natural (Olgyay, 1998).

2.3 Variables del clima

Temperatura del aire

La sensación de frío o de calor está relacionado directamente con la temperatura del aire, y esta depende directamente de la particularidad del cielo, en cielo despejado mayor será la radiación solar en consecuencia la sensación térmica será alta (calor), contrario a la sensación de frío donde el cielo está nublado (Olgyay, 1998). Las características del lugar influyen significativamente en el cambio de temperatura del aire, hay que considerar si está en sombra o a pleno sol y que tipo de piso es, pavimento, tierra, piedras, o vegetación (Guimarães Merçon, 2008).

La temperatura del aire interior es uno de los valores para el cálculo de la cantidad de energía calorífica que se trasmite por convección a través de la capa del aire de contacto y por radiación de los elementos más calientes hacia el muro (Díaz, 2011). La temperatura de la materialidad de las paredes puede diferir entre 2 a 2,5°C a la temperatura del aire exterior (Olgyay, 1998).

Con esto podemos decir que la temperatura es uno de los elementos que influyen en las condiciones de confort de la persona, la temperatura está vinculada directamente con la radiación solar y como la inclinación de los rayos solares que inciden sobre la superficie terrestre absorbiendo parte de la energía y transformándola en calor, dando como resultado las altas temperaturas (Olgay, 1998).

Para esta investigación se considera las temperaturas internas y externas máximas y mínimas horarias diarias, amplitudes térmicas de las temperaturas y las condiciones térmicas de los elementos estructurales para el análisis del comportamiento térmico de los sistemas constructivos que conforman las viviendas de estudio, hay que considerar a la temperatura como uno de los elementos responsables de las condiciones de bienestar térmico de las personas en el interior o exterior de los espacios.

Humedad relativa

Corresponde a la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire, tiene una relación directa con la temperatura del aire, hay que tomar en cuenta la temperatura y la humedad relativa conjunta en las mediciones. (Guimarães Merçon, 2008).

Es importante tomar en cuenta en los lugares con valores altos de humedad relativa la incidencia del viento para una buena ventilación cruzada dentro de los espacios habitables permitiendo generar confort dentro de las habitaciones (Rodríguez L., 2015). Las islas Galápagos al estar rodeada de agua esta condición incide directamente sobre la evaporación del mar provocando elevar la humedad relativa en las zonas costeras que son atenuadas por las brisas marinas, característica que hay que tomar en cuenta para esta investigación.

Movimiento del aire (viento)

El viento es el movimiento del aire en forma horizontal consecuencia de la alta o baja presión atmosférica que son resultado de las diferentes temperaturas en el aire, los vientos dentro del diseño arquitectónico es considerado para la ventilación y la orientación de la construcción (Narváez Soto, 2015). La acción del viento sobre una construcción tiene su impacto en la temperatura de los espacios interiores, no la cambia pero si disminuye la sensación de calor que las personas experimentan dentro de los espacios debido a la pérdida de calor por convección y la evaporación del cuerpo (Guimarães Merçon, 2008).

Los efectos del viento afectan directamente en el exterior e interior de la vivienda, debido a la transmisión por convección y a las infiltraciones (Olgyay, 1998).

La incidencia del viento en techos planos con voladizos perimetrales es fluido este tipo de cubierta permite reducir la presión del viento alrededor de la construcción, en cambio en techos inclinados el factor orientación es importante, ya que este permite que el viento continúe con su trayectoria original (Narváez Soto, 2015)

La técnica pasiva de ventilación nocturna depende de la temperatura del aire y de la capacidad de almacenamiento de calor del envolvente, esta metodología es recomendada para lugares donde existen altas temperaturas del aire diarias, donde la temperatura nocturna no varía creando malestar. (Kubota T., 2009). Dependiendo de la dirección del viento más frecuente se debe pensar en la ubicación de las aberturas de ventilación y en la orientación de la construcción (Mermet, 2015), además considera la velocidad máxima del viento para la elección adecuada del material de aislamiento térmico en el envolvente y el dimensionamiento de la estructura (Esteves, 2006). Se evalúan velocidad y dirección del viento, patrones de tormenta y días de incidencia menores del viento (Olgyay, 1998).

Para la investigación, es importante conocer la dirección de los vientos predominantes, valores de velocidad y los cambios diarios ya que de eso depende la correcta utilización de la ventilación como estrategia pasiva para mejorar el comportamiento térmico dentro de las viviendas en estudio, de acuerdo a Olgyay (1998) en climas cálidos húmedos el viento es el factor más importante para conseguir confort.

Radiación solar

El sol es la principal fuente de energía calorífica esta emite su energía a través de longitudes de onda en una unidad de tiempo sobre una superficie, solo un tercio de la radiación solar que llega a la tierra es reflejada al espacio gracias a la atmosfera (Ugarte, 2007). Los efectos de la radiación solar a nivel del suelo son menores debido a que los rayos solares al atravesar la atmosfera terrestre van perdiendo intensidad, una parte de la radiación solar en forma de energía choca sobre el suelo y es reflejada por la superficie terrestre, la otra parte es absorbida por la superficie y transformada en calor elevando la temperatura del aire (Olgyay, 1998).

La radiación solar en el clima cálido húmedo es considerada alta y la variación de temperatura del aire tiene una amplitud significativa que influye en la transferencia de calor a través del envolvente la cual tiene que analizarse en función del tiempo (Huelsz

G. B. G., 2014), de esto depende para una buena selección de materiales de construcción y un buen diseño bioclimático, la incidencia de la radiación solar va determinar la forma y el diseño de la edificación (Olgyay, 1998).

La importancia de la radiación solar en esta investigación es conocer la dirección y la inclinación de los rayos solares que inciden sobre la construcción, para analizar y evaluar el comportamiento térmico y proporcionar recomendaciones para tratar de minimizar los efectos térmicos dentro de las construcciones que provocan malestar térmico, debido a la importante cantidad de energía calorífica que ingresa a través de la envolvente y las aberturas acristaladas. Para tratar de minimizar los efectos de la radiación solar sobre las edificaciones es necesario recurrir elementos que protejan la alta radiación solar, elementos que den sombra, orientación, vegetación y una adecuada ventilación natural o nocturna.

Precipitaciones

Es producto de la condensación del aire en movimiento en la atmosfera, cuando este aire por efecto de la convección se eleva y se enfría este se vuelve más pesado que el aire que la rodea se produce la precipitación en forma de gotas de lluvia, granizo o nieve, esta influye directamente en la humedad relativa, la temperatura y la vegetación (Guimarães Merçon, 2008). En las áreas calurosas cercanas al mar los vientos húmedos generados por la evaporización del mar, ascienden enfriándose y precipitándose después en forma de lluvia (Matute, 2014).

Para la investigación es importante saber la intensidad y la cantidad de precipitación anual y diaria, además conocer si las precipitaciones se relacionan con los vientos fuertes que provocan las lluvias torrenciales, de esa manera prever desde el diseño su impacto.

Nubosidad

Indica la proporción del cielo que está cubierto de nubes, esta variable está relacionada directamente con las variaciones que pueden tener la humedad y el movimiento del aire. En cielo cubierto el total del calor recibido sobre la superficie terrestre es inferior a la radiación total directa en un día despejado (Olgyay, 1998), la nubosidad es importante considerarlo en los estudios de iluminación y de sistemas que dependen de la radiación solar para ganancias térmicas, energéticas y lumínicas (Matute, 2014).

En clima cálido húmedo la nubosidad es importante ya que permite tener radiación difusa sobre la superficie terrestre, en esta investigación este factor es considerado para el análisis de las temperaturas máximas y mínimas obtenidas en los registros diarios ya que estas dependen de como este el cielo para que exista mayor o menor temperatura interior y exterior.

2.4. Efectos micro climáticos

Orientación en relación al sol y al viento

En clima cálido húmedo la orientación de una construcción debe evitar el impacto directo de los rayos solares y permitir la captación directa de los vientos, para mejorar la temperatura y la humedad en el interior de los espacios, este debe estar orientado en su eje con la dimensión más larga este oeste, de esta manera se logra reducir el calentamiento solar hacia el interior de las edificaciones y recibir las brisas refrescantes (Olgyay, 1998) (Vassig, 2012).

La orientación más favorable de una edificación es la que considera las condiciones climáticas y las necesidades de ganancias o pérdidas de calor, a la ventilación adecuada, a la calidad de aire y acústico, en climas donde la temperatura es elevada por el impacto solar, es necesario orientar las construcciones evitando el impacto de la radiación solar directa (Matute, 2014).

La condición de orientación en esta investigación determina que la temperatura del aire y la radiación solar funcionan juntas en el comportamiento térmico en el interior de un espacio construido, a mayor radiación solar mayor será la temperatura y el malestar térmico, por lo que hay que considerar la orientación adecuada para evitar el impacto directo de los rayos solares sobre la edificación y proporcionar una adecuada ventilación aprovechando los vientos predominantes y las brisas refrescantes de la isla.

Forma

La forma óptima de una edificación para Olgyay (1998) es aquella que conserva y no pierde la energía calorífica en invierno y en verano dejando pasar la mínima energía calorífica al interior de la edificación, permitiendo que exista equilibrio entre las tensiones térmicas. Además la forma está condicionada por el clima, de acuerdo a Díaz (2011) para el clima cálido húmedo la forma óptima debe ser rectangular orientada con el eje más

largo hacia el este y oeste, quedando la cara más corta expuesta a recibir los rayos solares directamente y la fachada más larga orientada norte sur permitiendo tener una buena iluminación y ventilación.

La envolvente de una edificación es el responsable principal de las ganancias o pérdidas de calor al interior por el intercambio de energía con el ambiente exterior, para lo que se debe reducir las dimensiones de la fachada este oeste en climas cálidos húmedos para evitar las ganancias de calor al interior de las edificaciones (Esteves, 2006) (Vassig, 2012).

De acuerdo a las características climáticas en los climas cálidos húmedos donde las condiciones del entorno son más amables, la forma de una edificación no tiene gran importancia ya que puede reducir la carga térmica con ventilación o sombreado, de acuerdo a Olgyay (1998) las ganancias térmicas producto de la radiación solar se reducirán en un 10% si se trabaja con la forma óptima, en esta investigación se va a considerar para el estudio y análisis la forma más común existente en la zona.

Masas de agua

En los lugares próximos al mar, las temperaturas extremas son moderadas y tienden a ser más húmedas debido a que el agua del mar tiene un calor específico mayor que la tierra, esto hace que temperatura del agua sea templada en invierno y fría en verano, permitiendo que las brisas marinas que vienen desde el mar atenúen el calor en la zona costera y en la noche se produce el efecto contrario reduciendo la irradiación nocturna (Guimarães Merçon, 2008). Las corrientes marinas del océano Pacífico actúan sobre la temperatura y la humedad las islas Galápagos, estas modifican el clima atenuando las temperaturas extremas y aumentando la humedad relativa (Matute, 2014)

Vegetación

La vegetación influye directamente en el control del microclima, siendo este un factor de enfriamiento natural de la temperatura del aire a través del efecto de la evapotranspiración propio de la vegetación que producen al enfriarse y evaporizarse el agua que transpiran las plantas, además de producir sombra, esto tiende a reducir la temperatura del aire y aumentar la humedad relativa produciendo refrescamiento, además hay que considerar que forma barreras de control de vientos fuerte. La radiación solar puede controlarse en

un 60% a 90% con la presencia de la vegetación alta, registrando temperaturas a nivel de bienestar térmico dentro del microclima generado por los árboles (Ugarte J. , 2007) (Ochoa de la Torre, 1999) (Olgay, 1998)

Clima urbano

Las condiciones climáticas en un entorno urbano construido están determinados por las características físicas y naturales de dicho entorno, en las áreas urbanas el incremento de temperatura es más significativo que en las áreas rurales causado por el ambiente físico construido, donde el pavimento de las calles, el concreto en la envolvente de las edificaciones y aceras reciben directamente la radiación solar durante el día absorbiendo las elevadas temperaturas para luego liberarlas en la noche resultado de la inercia térmica de los materiales del entorno construido, este fenómeno genera temperaturas altas hacia el exterior en horas nocturnas (Guimarães Merçon, 2008). En climas cálidos húmedos es recomendable tener una malla urbana dispersa donde las edificaciones estén separadas para aprovechar los vientos y la generación de espacios verdes con vegetación (Olgay, 1998).

Las características del entorno construido nos permitirán hacer una evaluación de cómo influye la temperatura generada del entorno sobre la edificación y su comportamiento térmico hacia el interior y dar recomendaciones que nos ayuden a favorecer un ambiente más confortable en el interior y exterior de las edificaciones.

2.5. Sistemas constructivos

Se considera a los sistemas constructivos métodos o procedimientos con los cuales se fabrica o construye una edificación u otro tipo de estructura, estas forman una organización constructiva, funcional común y articulada que pueden ser estructural, de cerramientos, de acondicionamientos en la obtención de confort o decorativo (Carrión, 2005).

Las características del lugar y el entorno van a determinar el tipo de sistema constructivo a utilizarse y estos sistemas constructivos responderán a las necesidades propias del usuario y del lugar, es necesario conocer las características climáticas de cada zona o sector para proponer un adecuado sistema constructivo que se adapte y responda a las

diferentes condicionantes ambientales que influyen directamente con el confort interior de las edificaciones (Guamán, 2016).

En la construcción existen varios tipos de sistemas constructivos para los cuales se usan diferentes procedimientos y materiales, así como el funcionamiento estructural y el costo varía de uno de otro, para este estudio se ha seleccionado dos tipos de sistemas constructivos

Sistemas de construcción común.

Los sistemas constructivos se han adaptado y perdurado en las diferentes zonas geográficas, en nuestro medio el sistema constructivo más generalizado dentro de la construcción es el de hormigón armado, es sólido y durable, compuesto por estructura de hormigón armado o de acero, también puede ser de muros portantes (piedra, ladrillo o bloque), interiormente utiliza paredes de mampostería (Carrión, 2005), el sistema constructivo de hormigón armado ha llegado a remplazar parcialmente al sistema tradicional de albañilería por el proceso empleado en la construcción, el uso de maquinaria elevando el alto rendimiento en obra, en el sistema constructivo tradicional de albañilería el empleo de mano de obra es intensivo (Castillo, 2007).

Sistemas de construcción sostenible

Los sistemas de construcción sostenible tienen que ver directamente con la conservación del medio ambiente, el uso racional de la energía para contribuir al confort y a la calidad del hábitat además se preocupa de elegir los materiales adecuados para la construcción tengan un buen comportamiento hacia el medio ambiente, de bajo consumo energético y bajo nivel contaminante (Pere, 1997). Para que una construcción sea sostenible, esta debe emplear materiales que ayuden a la conservación del medio ambiente que en su fabricación usen poca energía, ser renovables y reciclables que no sean contaminantes ni tóxicos para la salud (García S. E., 2013)

2.6. Envoltente

Constituye toda la capa externa de un edificio que protege y vincula los espacios internos con lo exterior, funciona como regulador de las condiciones exteriores de un edificio para asegurar la habitabilidad y confort a su interior. (Escorcia, 2012) Depende del ancho de la envoltente para tamizar las variaciones de la temperatura al interior de una edificación (Olgyay, 1998).

En climas cálidos húmedos la oscilación de la temperatura es alta al igual que la radiación solar, lo que la capacidad de almacenamiento térmico del envolvente es alta, por lo que se debe considerar el uso de materiales de construcción para el envolvente con propiedades físicas adecuadas al clima. (Huelsz G., 2014). Para su análisis se puede utilizar el método de análisis de transferencia del calor en la envolvente dependiente del tiempo por conducción permitiendo seleccionar los materiales adecuados para mejorar las condiciones interiores de confort térmico en el interior de las edificaciones. (Barrios G., 2010). Para el monitoreo térmico se debe registrar los valores de las temperaturas internas y externas de la vivienda, además de la incidencia de los rayos solares que inciden directamente sobre la cubierta, con una frecuencia de medida de cada 10 o 15 minutos utilizando Dataloggers. (Mercado, 2010)

Comportamiento térmico de la envolvente y transferencia del Calor a través de la envolvente

El envolvente de un edificio es el responsable de los intercambios de calor y de humedad entre el edificio y su medio ambiente, hay que tomar en cuenta el espesor del envolvente para su análisis térmico. (D´Alecon, 2008)

La transferencia de calor se da través de los materiales de la envolvente este flujo de calor se propaga desde la mayor a la menor temperatura (D´Alecon, 2008) (Diaz, 2011), cada uno de los materiales de la envolvente calienta a diferente velocidad y la retención del calor depende de las características individuales de los mismos, produciendo pérdidas o ganancias de calor en la edificación en relación a la temperatura interior con respecto a la exterior. (Diaz, 2011) El flujo de calor se trasmite de tres formas convección, conducción y radiación, la magnitud del flujo depende de las diferencias de temperatura que existen en las superficies en la cual inciden, se miden en grados Kelvin (K). (D´Alecon, 2008)

La **convección** es un proceso de transmisión de calor de un punto a otro dentro de la masa de un fluido, este movimiento es conocido como corriente de convección. (D´Alecon, 2008) (Diaz, 2011) En los edificios las convecciones más importantes son las ganancias y pérdidas por ventilación y por infiltraciones.

La transferencia del calor a través de la envolvente de una construcción es a través de la conducción. Para que haya **conducción** se necesita que dos elementos a diferente

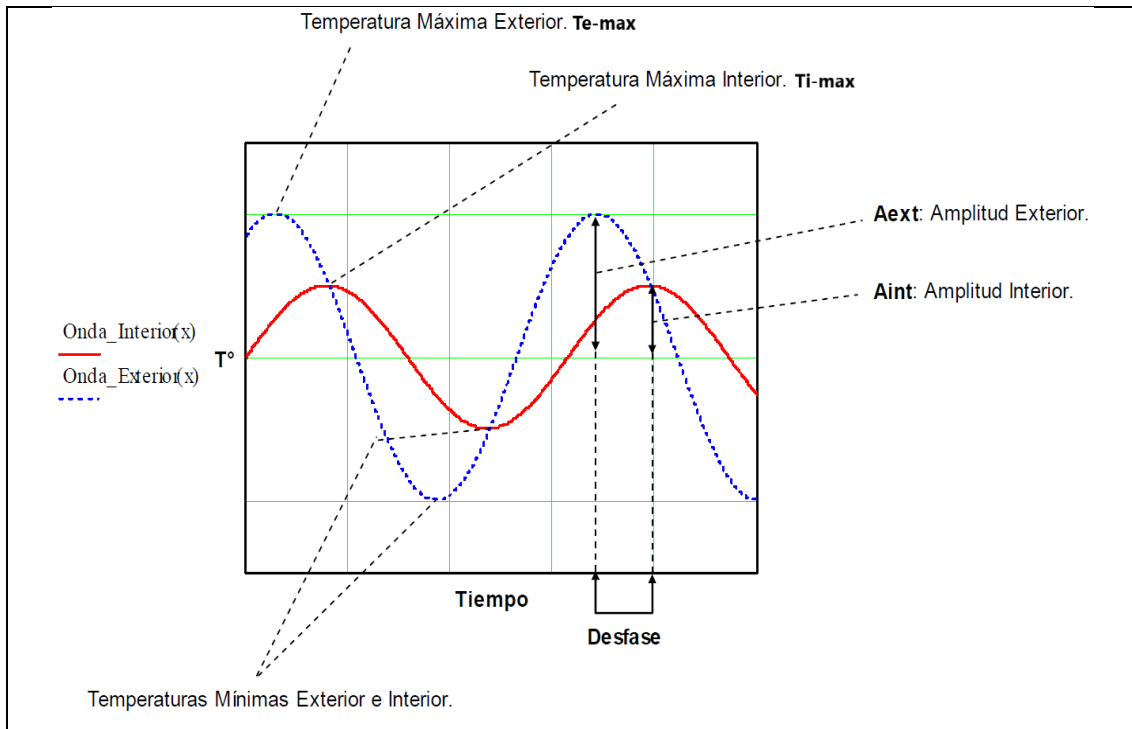
temperatura se toquen, la conducción es el paso del calor por contacto directo entre un cuerpo y otro. (D´Alecon, 2008) (Barrios G., 2010)

La transmisión del calor por **radiación** se produce desde un cuerpo a otro sin que exista contacto directo con el otro cuerpo en forma de energía (Diaz, 2011) La ganancias internas de calor son efecto de la radiación del calor.

Inercia térmica

La radiación solar incide directamente sobre la envolvente, esta radiación calienta la masa la conserva y la almacena para luego ser liberada progresivamente, parte de esta energía térmica acumulada en el envolvente pasa al aire interior, resultado de una onda térmica. (Hobaica, Sosa, & Rosales, 2000)

La inercia térmica depende directamente de la masa, densidad y calor específico que son características propias de los materiales (kW/m^2), además el comportamiento térmico de la envolvente se puede medir a través de la inercia térmica mediante el desfase de la onda térmica que está determinada por la diferencia de tiempo que se demora en pasar el calor a través de la envolvente y el amortiguamiento que es la diferencia del flujo de calor exterior que atraviesa la envolvente hacia el interior. (Domínguez, 2001) (Turégano, 2003) (Figura 4)



A_{int} corresponde a la amplitud de la onda térmica interior y *A_{ext}* a la amplitud de la exterior, por lo tanto *f* corresponde al porcentaje de la amplitud de la onda térmica exterior que se manifiesta en el interior. Luego este parámetro, **FRO**, representa en otras palabras, al porcentaje de la oscilación térmica exterior, que se reduce al atravesar el elemento de la envolvente hacia el interior, y por lo tanto, para valores extremos del **FRO**. (Salaverri, 2008)

$$FRO = 1 - f \quad \text{con} \quad f = \frac{A_{int}}{A_{ext}}$$

Figura 4. Grafica de la relación de la Amplitud térmica exterior e interior, desfase y amortiguamiento (inercia térmica) y ecuación de *f* = amortiguamiento y FRO = factor de reducción de la onda. (Salaverri, 2008)

La inercia térmica junto con las características aislantes de los materiales pueden mejorar las condiciones térmicas en los espacios interiores, un buen aislamiento térmico en la cubierta generara valores que ayuden en comportamiento térmico del resto de elementos constructivos para conseguir equilibrio en las pérdidas o ganancias de calor en las estructuras. (Olgyay, 1998) (Atem, 2012)

Para que funcione la inercia térmica en climas cálidos húmedos la construcción debe tener una buena orientación solar (norte sur), una buena ventilación nocturna, las ventanas deben estar sombradas, color claro en las superficies externas y vegetación. (Atem, 2012)

Amplitud térmica

La amplitud térmica es la relación entre temperaturas máximas y mínimas sean estas internas o externas y pueden ser diarias, mensual o anual, la amplitud térmica depende directamente de la radiación solar y de la irradiación nocturna, dando como resultado la diferencia de temperaturas que intervienen directamente en el comportamiento térmico de la envolvente de una edificación, aportando a la inercia térmica para lograr equilibrar los valores de la amplitud térmica y obtener temperaturas confortables al interior de la edificación (Evans, 2014), en climas cálido húmedo la amplitud térmica no es significativa por lo tanto los efectos de la inercia térmica son insignificantes (Monardez, 2007).

El propósito de esta investigación es generar medidas de protección solar para evitar el sobrecalentamiento de la envolvente sean estas en el techo o en las paredes para reducir la amplitud térmica y mantener la temperatura interior en rangos de confort diarios adecuados.

Zona de confort higrotérmico

Está determinada dentro de los límites térmicos donde la persona se siente en confort (García, 1994), para ASHRAE la zona de confort no es más que una condición mental

donde el hombre experimenta satisfacción del ambiente térmico, en base de unos límites de temperatura, viento y humedad relativa, además de las condiciones fisiológicas de la persona. De acuerdo al diagrama bioclimático de Olgay la zona de confort higrotérmico no debe superar los rangos de confort en temperatura 22 °C mínimas y 27 °C máximas y de humedad relativa 30% como mínimo y 65% como máximo. Esta grafica está considerada para regiones con alta o baja humedad relativa donde presentan temperaturas que sobrepasan los 20 °C (Olgay, 1998)(Figura 5)

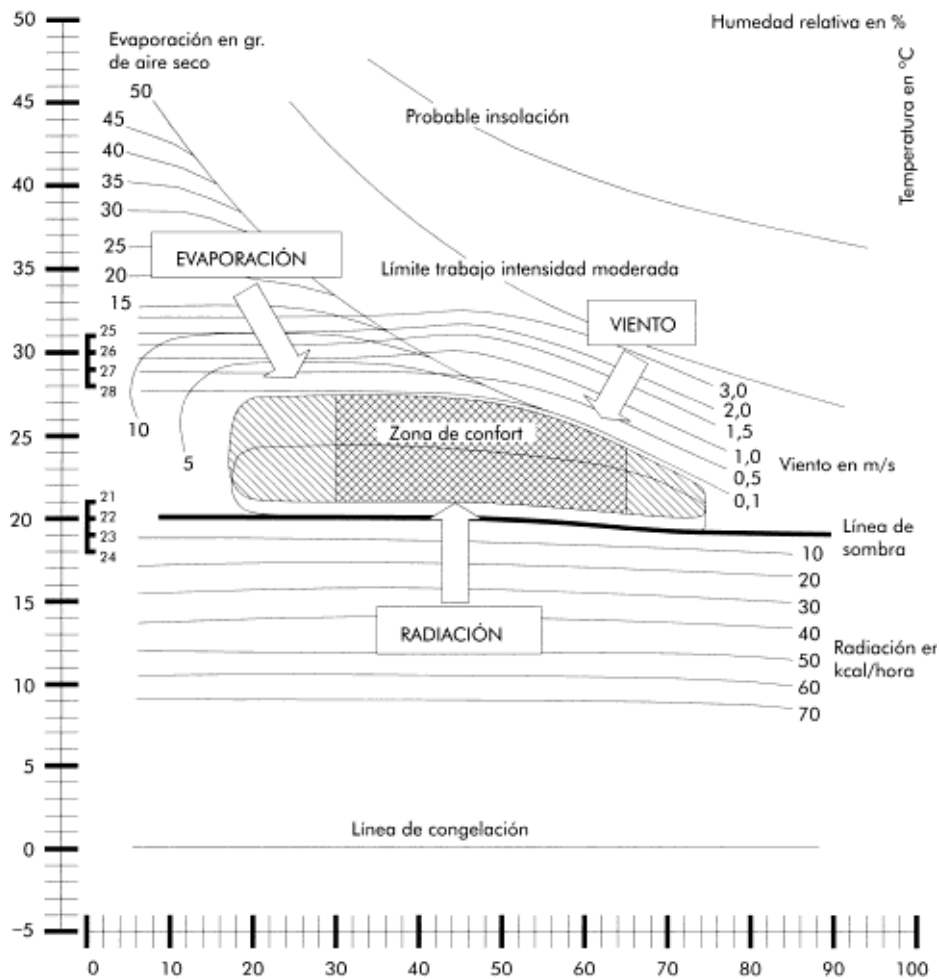


Figura 5. Diagrama Bioclimático de Olgay, determinando la zona de confort para temperatura entre 22 °C y 27 °C y Humedad Relativa 30% y 65%. Fuente (Moran, 2015)

Para determinar la zona de confort higrotérmico como base de los análisis y obtener los valores para una comparación cualitativa y cuantitativa con los resultados obtenidos de las mediciones de la presente investigación, tomamos en cuenta los intervalos de temperatura para la obtención de confort según la norma ISO 7730 y la ASHRAE DTD 55. (B. G. Rodrigo, 2012) (Tabla 1)

Tabla 1. Intervalos de temperatura para la zona de confort de acuerdo a la ISO 7730 y la ASHRAE DTD 55. Fuente (B. G. Rodrigo, 2012)

	HUMEDAD RELATIVA %	Confort según ISO 7730 ° C	Confort según ASHRAE ST 55 ° C
DÍA	30-40 %	23,4	26,7
	40-50 %	23,2	26,5
	50-60 %	23	26,2
	60-70 %	22,8	26
	70-80 %	22,6	25,7
	80-90 %	22,4	25,5
NOCHE	30-40 %	25,2	28
	40-50 %	25	27,7
	50-60 %	24,7	27,4
	60-70 %	24,4	27
	70-80 %	24,1	26
	80-90 %	23,8	26,4

Para otros autores el rango de confort están determinados a lo largo del día, con unas adecuadas temperaturas y humedades horarias siendo estas representativas de los diferentes ambientes. Givoni asume la temperatura confortable entre los 21°C / 26°C y 5/17 mmhg en HR., Olgyay 23,9°C /29,5°C en temperatura y 20% /75% para las HR. (García, 1994)

2.7. Materiales para la construcción

Son los elementos y componentes que intervienen en una construcción, los materiales de construcción intervienen directamente en el comportamiento térmico de los diferentes elementos constructivos, que modifican las variaciones de temperatura dentro de los espacios. Los materiales deben ser seleccionados dependiendo del microclima del lugar, su duración, flexibilidad y su fácil mantenimiento, además hay que considerar su inercia térmica dependiendo del clima. (Cedeño, 2010)

Los materiales que componen los sistemas constructivos en especial los que conforman las capas externas, están expuestos a recibir directamente los impactos caloríficos externos absorbiendo y acumulando parte de esta energía para luego ser liberada hacia el interior de los espacios, la mayor o menor carga calorífica hacia el interior dependerá de las características térmicas de cada material. (Olgyay, 1998)

Propiedades térmicas de los materiales

Transmitancia térmica y resistencia térmica son las dos propiedades fundamentales de los materiales para poder entender el comportamiento térmico de los materiales de construcción.

Resistencia térmica es la capacidad del material para resistir el calor transferido a través de la conductividad, convección y radiación, la resistencia térmica es expresada en **R** que tiene como unidades $m^2 \cdot K/W$. Para elementos compuestos se puede encontrar la suma de los valores de R individualmente. (Vassig, 2012) (Diaz, 2011) La transmisión del flujo del calor a través de un material depende del espesor de este (D´Alecon, 2008).

Transmitancia térmica valor **U** es la pérdida o transferencia del calor de un material en una unidad de tiempo por unidad de superficie del elemento en este caso de un elemento constructivo y es expresada en $W/m^2 \cdot K$ contrario a la resistencia térmica. Mide la capacidad del material con un cierto espesor para transmitir a través de la conductividad convección y radiación (Vassig, 2012) (Diaz, 2011) (D´Alecon, 2008).

Para el análisis y la comparación de los sistemas constructivos techo y paredes en esta investigación se hará en base a la siguiente tabla donde se determinan los parámetros máximos y mínimos tanto para la transmitancia térmica y los niveles de desempeño térmico a fin de obtener adecuados elementos constructivos para el clima cálido húmedo.

(Tabla 2)

Tabla 2. Valores recomendados para la transmitancia térmica y el nivel de desempeño térmico para clima cálido húmedo, en base a la normativa IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730. Fuente (Netto, 2016) (Atem, 2012)

SISTEMA CONSTRUCTIVO	TRANSMITANCIA TERMICA (U) $W/m^2 \cdot K$	RETRASO TERMICO (horas)	NIVEL DE DESEMPEÑO TERMICO	
MUROS (Paredes ligeras y reflectoras)	$\leq 3,7$	$\leq 4,3$	Min	$T_{i,max} \leq T_{e, max}$
			Intermedia	$T_{i,max} \leq T_{e, max} - 1 \text{ } ^\circ C$
TECHOS (Cubierta ligera y aislada)	Min $\leq 2,3$	$\leq 3,3$	Max	$T_{i,max} \leq T_{e, max} - 2 \text{ } ^\circ C$
	Intermedia $\leq 1,5$ Max $\leq 0,5$			

De acuerdo a la NEC (2011) el valor máximo del coeficiente de transferencia U ($W/m^2 \cdot K$) en función del tipo de envolvente para clima cálido húmedo sin climatización, para fachadas en contacto con el aire es 3,00 y para cubiertas en contacto con el aire es 1,00 a 0,75.

Resistencia térmica de elementos compuestos

La envolvente de una edificación está formada por la composición de varios materiales, la resistencia de los materiales a través del envolvente se suman. Las características de los materiales de construcción corrientes están disponibles en valor R para las aislaciones térmicas y U para los materiales de construcción y elementos compuestos. (D´Alecon, 2008)

Propiedades físicas de los materiales

Conductividad térmica es la habilidad de los materiales para transmitir calor, resultado de la interacción directa al transmitir calor cuando hay una temperatura diferente en el material, es expresada por k o λ . (Vassig, 2012) (Diaz, 2011) Al utilizar aislantes térmicos como materiales de construcción se considera que estos son bajos en conductividad térmica ya que permiten minimizar las pérdidas de calor por la envolvente. (Diaz, 2011)

Aislamiento térmico en una envolvente permite disminuir las ganancias o pérdidas de calor, estas dependen de las temperaturas internas y externas (Diaz, 2011). Estas pérdidas o ganancias de calor se producen en muros, techos piso y los elementos vidriados.

2.8 Normativa

Para esta investigación es importante enunciar las siguientes normativas que nos van a ayudar a realizar un adecuado análisis térmico tanto con datos reales tomados in-situ como en las simulaciones térmicas digitales.

ISO 7726-2002. Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas. (ISO 7726:1998), esta norma determina las características mínimas y la metodología de medición que deben tener los instrumentos de medición de las magnitudes físicas de un ambiente.

ISO 7730 2006 (Ergonomía del ambiente térmico). Evalúa los ambientes térmicos, en base a la temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire, humedad relativa y la relación de como el ser humano experimenta la sensación térmica en su cuerpo que debe estar en equilibrio térmico dependiendo de la actividad física y su vestimenta. (ISO, 2006) Para las personas que viven en climas cálidos húmedos es más fácil adaptarse y pueden controlar el confort en los espacios internos con ventilación natural. (Godoy Muñoz, 2012)

ASHRAE STD 55 Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana, determina las condiciones térmicas aceptables dentro de un espacio considerando la combinación de factores térmicos ambientales como la temperatura del aire, viento, humedad relativa y temperatura media radiante, además de las características externas de las personas, nivel de arropamiento y nivel de actividad física. (Godoy Muñoz, 2012)

CAPITULO III

3.1. Zonificación climática

Se trabaja en base a la metodología planteada por Gatani, (2008) donde se toma en cuenta los datos del lugar y el clima de la zona, además se toma como referencia investigaciones en climas cálidos húmedos para el análisis de los datos de las variables de temperatura exterior, la velocidad del viento y la humedad relativa (Ugarte J. , 1999) que se obtuvieron de la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto de Puerto Baquerizo Moreno de un promedio de 30 años (1986-2016). Se seleccionó el año 2005 como año tipo para el estudio de la investigación, considerando la incidencia de los fenómenos de Humboldt y del Niño en los datos climáticos proporcionados por el INAMI.

De las condiciones meteorológicas obtenidas se consideró los datos del mes de junio para realizar las mediciones en sitio ya que es el mes intermedio y de transición entre la temporada de calor (invierno) a la temporada fresca (verano), estos datos servirán para ser analizadas y comparadas en las simulaciones digitales. (Figura 6)

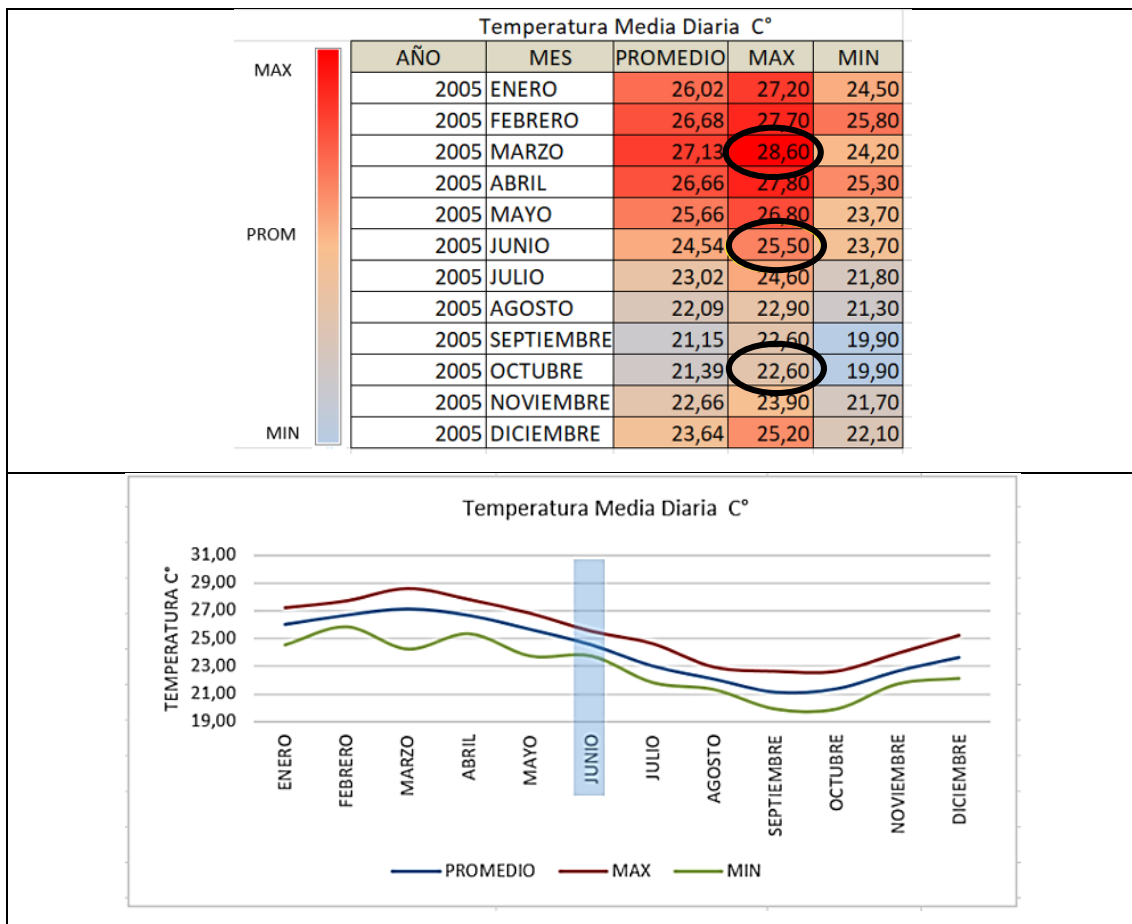


Figura 6. Temperaturas máximas, mínimas y promedios del año tipo 2005, y selección del mes de estudio. Fuente propia con datos del INAMI 2017

Datos del lugar y clima de Puerto Baquerizo Moreno- San Cristóbal Galápagos

Puerto Baquerizo Moreno es la capital de la provincia Insular de Galápagos, se encuentra al extremo sur occidente de la Isla San Cristóbal (latitud -0.909 y longitud -89.61), de acuerdo a la clasificación de ASHRAE, Puerto Baquerizo Moreno cuenta con el clima 2-A húmeda calurosa, caracterizada por la reducción de refrigeración debido a que la oscilación térmica es más elevada especialmente durante la noche. (Palme, 2016)

Temperatura del aire y precipitaciones.

De la estación del INAMHI ubicado en el aeropuerto de Puerto Baquerizo Moreno a 6 msnm. Con latitud 0G 54' 14.6" 54 latitud sur, se obtuvo la información de los registros medios mensuales desde los años de 1970-2014, donde se registraron los valores de temperatura media máxima que va desde los 27°C a 31°C como promedio de los meses de enero a mayo, considerando estos meses como la temporada de calor y el resto del año considerado como temporada fresca con temperatura media máxima que van desde los 23°C a 27°C, se podría considerar que la mayoría de los meses en el año la temperatura en las islas se encuentra dentro de los límites de la zona de confort.

Las precipitaciones máximas diarias se presentan en los meses de enero a abril desde 0,50 mm hasta 213 mm disminuyendo para el resto del año (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de datos meteorológicos INAMI. Elaboración propia con datos INAMI 2017

VARIABLE	AÑO	PROMEDIO	MAX	MIN
Humedad Relativa Media Diaria (%)	1970-2014	82,72	95,11	68,53
Heliofanía Efectiva Diaria (Horas)	1970-2014	6,13	11,60	0,02
Precipitación Total Diaria (mm)	1970-2014	1,41	213,50	0,30
Temperatura Máxima Diaria (°C)	1970-2014	27,89	35,00	21,60
Temperatura Media Diaria de 3 Observaciones (°C)	1970-2014	24,22	29,80	18,50

De acuerdo a los datos obtenidos de meteoblue weather durante los días de las mediciones in-situ, la temperatura exterior para Puerto Baquerizo Moreno desde el 12 de junio del 2017 hasta el 17 de junio del 2017 oscila entre 29,10°C para la temperatura máxima y de 21,8°C para la temperatura mínima, manteniéndose en un 83,18% en horas de confort (Figura 7)

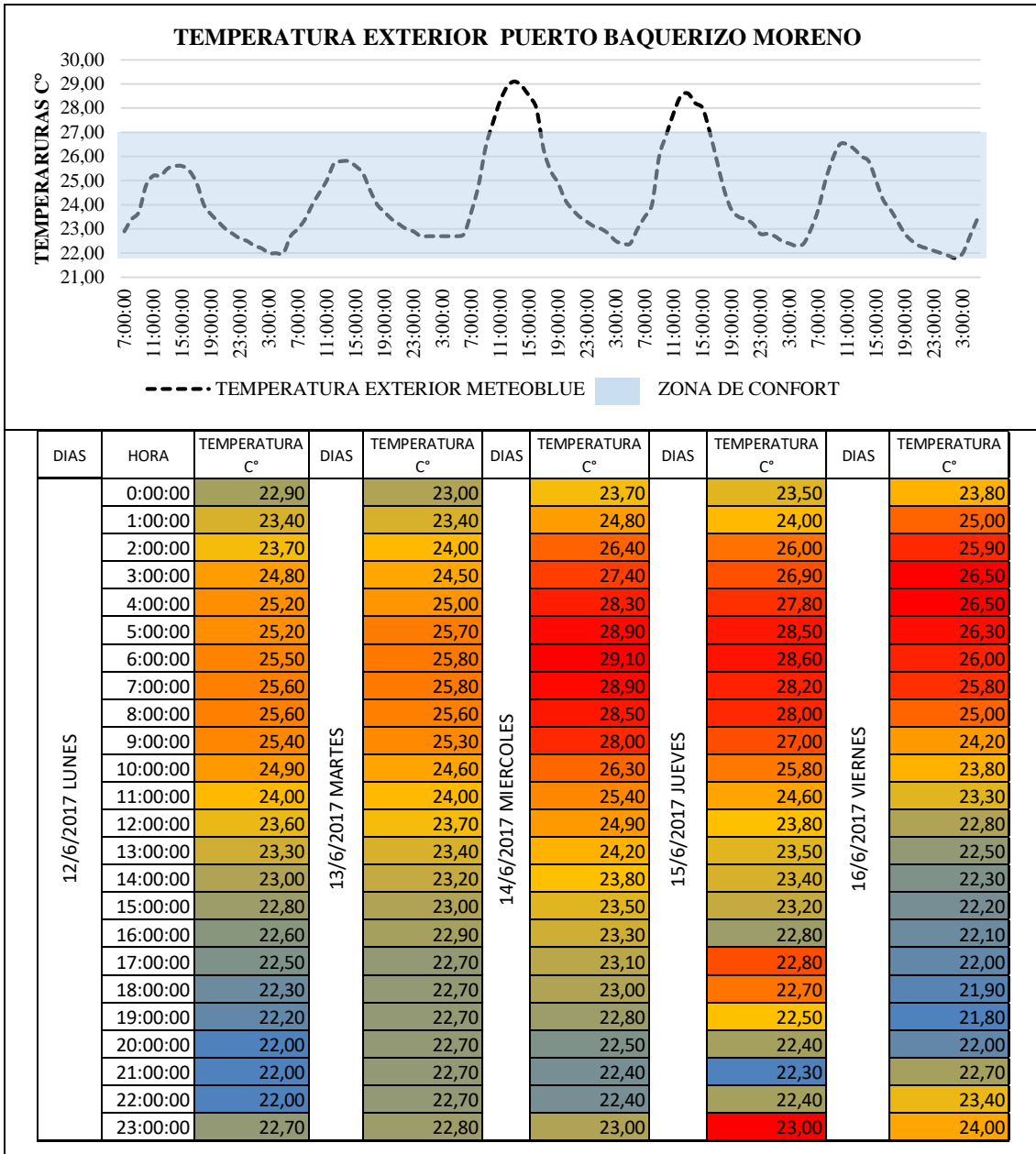


Figura 7. Grafica de temperaturas exteriores desde el 12 de junio hasta el 17 de junio del 2017. Elaboración propia con datos de meteoblue weather 2017

Humedad relativa y movimiento del aire

El promedio de la humedad relativa anual de Puerto Baquerizo Moreno es de 82,72 %, siendo el máximo valor del 95,11%. De acuerdo a los datos del INAMI los vientos predominantes tienen la dirección Sur-Este, la velocidad anual promedio varía entre 5 y 7 k/h y en algunos meses aumenta la velocidad hacia el sur, con un promedio de 9 k/h. (Figura 8)

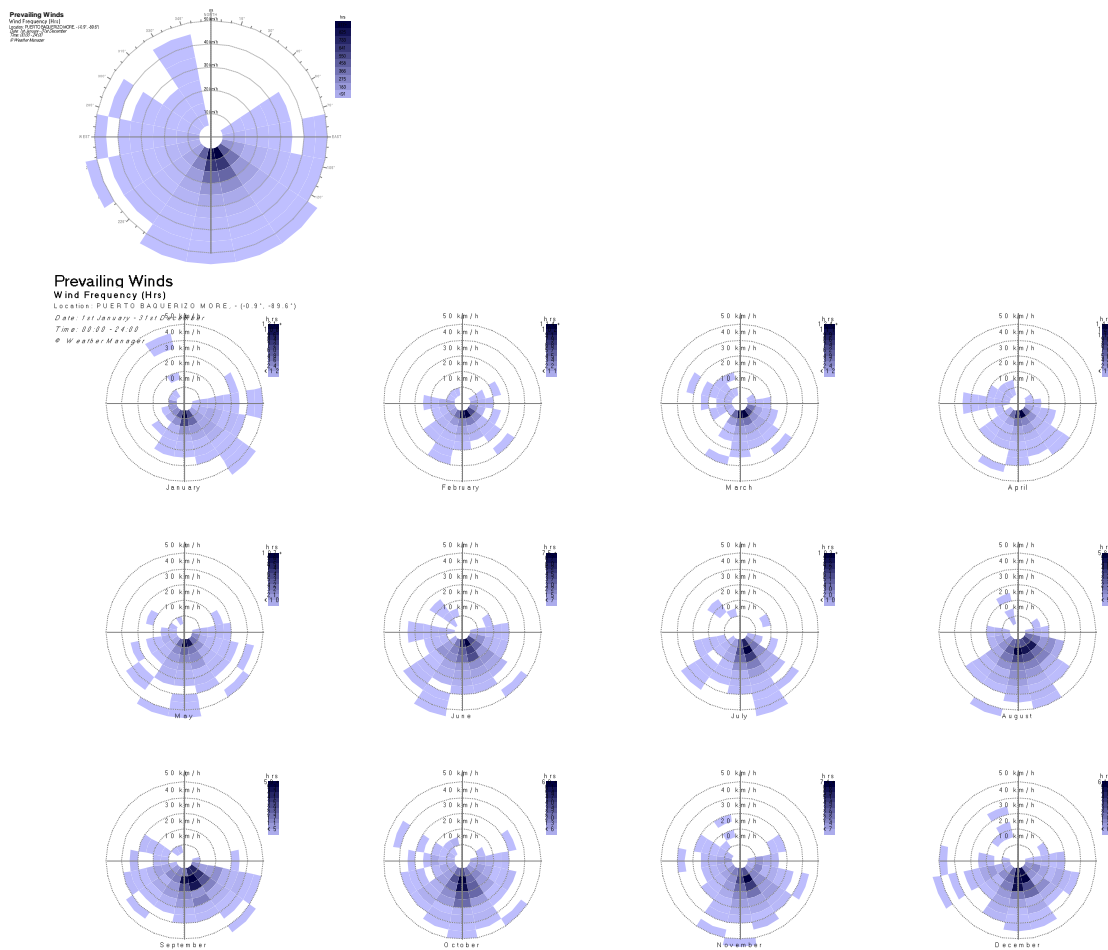


Figura 8. Resumen de la dirección del viento mes a mes ECOTEC año 2005. Elaboración propia 2017

Impacto ambiental de la construcción en Puerto Baquerizo Moreno

La problemática ambiental que atraviesa las Islas Galápagos ha sido reconocida ya en varios estudios especialmente por la Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos (1998), en el Plan Regional de Galápagos (2003) y en el Plan de Manejo del Parque Nacional (2005), entre algunos de los más conocidos. (Tapia, 2009)

Todos estos estudios están de acuerdo que la crisis ambiental de las islas es consecuencia de varios factores entre las más importantes y los más graves considerados de acuerdo a estas investigaciones es la explotación del turismo y el aumento de la población. Es muy importante mencionar que el turismo la pesca y la construcción son las principales actividades de la población que generan el movimiento y el desarrollo económico en Puerto Baquerizo Moreno en consecuencia este desarrollo provoca cambios en el ecosistema de la isla. (Gonzalez, 2008). Además las demandas que exige la población para satisfacer sus necesidades de consumo genera la introducción de especies invasoras

debido a que las mercancías son transportadas desde el continente, estos cambios son los responsables de los impactos ambientales, ocasionado las pérdidas ecológicas al ecosistema en las Islas Galápagos. (Pazmiño, 2008)

La evaluación del impacto ambiental de las actividades de la población sobre las islas han sido estudiadas y analizadas con el objetivo de proponer estrategias que permitan dar soluciones a esta problemática, la investigación de Benítez Capistros se basa en indicadores que evalúan la relación entre la sociedad y la ecología y como estas generan los impactos sobre la isla. Las actividades de la población están relacionadas directamente con los impactos ambientales, esta combinación permitió identificar y caracterizar los impactos ambientales dando como resultado indicadores de sostenibilidad que fueron pensados por un grupo de expertos encuestados, constituidos por funcionarios gubernamentales, académicos-científicos, residentes locales y ONGs oficiales. Determinándose los siguientes impactos, pérdida de la biodiversidad, fragmentación del hábitat, alteración del paisaje, pérdida de recursos bióticos, disminución de la calidad del agua y degradación del suelo. (Benítez-Capistros, 2014)

Otro de los factores que trae como consecuencia el deterioro ambiental y una amenaza para los recursos naturales de las islas es el cambio del uso del suelo, el desbroce de tierras para la agricultura y la necesidad de expansión de la zona urbana (Benítez-Capistros, 2014) (Zhang, 2015) (Pazmiño, 2008). Siendo uno de los actores principales de este problema el sector de la construcción que trae impactos ambientales graves relacionados directamente con la extracción de recursos pétreos, recursos maderables, agua y la importación de materiales de construcción del continente, desarrollando problemas ligados a la demanda de suelo, servicios básicos y requerimientos alimenticios. (Amador, 1996) (Pazmiño, 2008). Como resultados para evaluaciones futuras sobre la mitigación ambiental en las islas Galápagos hay que considerar los vínculos y las interconexiones entre los cambios del ecosistema, el bienestar de la población y principios de sostenibilidad a esto hay que pensar que las decisiones para mejorar involucran acciones de políticas gubernamentales, de grupos vinculados con la conservación y de la población.

Las acciones realizadas para el control por el Programa de Manejo Ambiental son aisladas debido a la falta de recursos y de planes institucionales. En la actualidad el control es deficiente en cuanto a la explotación de la madera y del material pétreo, especialmente por la fuerte presión que ejerce la población sobre los recursos pétreos y las maderas

como el matazarno, manzanillo y el guayabillo, ante esto el Programa de Manejo Ambiental establece pautas para un manejo sustentable con el objetivo de disminuir su uso y ofrecer alternativas, así como el establecer regulaciones en la explotación de recursos madereros y pétreos, tal es el caso de crear sistemas agroforestales en fincas para mejorar el uso del suelo y disminuir la explotación de recursos madereros nativos (Amador, 1996). Entre las acciones establecidas por el Programa de Manejo Ambiental están, establecer e implementar criterios técnicos con sistemas de seguimiento, control y evaluación para los recursos maderables, recursos pétreos y cuencas de aguas.

Los impactos ambientales causados por la extracción del material pétreo que se utiliza en la isla para la construcción y el mantenimiento vial son considerados significativos especialmente en la primera etapa de excavación, desalojo de tierra, escombros y movimiento de maquinarias, en lo que se refiere a la extracción del material pétreo para el mantenimiento vial es considerado mitigable y/o remediable debido a que una vez concluidos los trabajos de mantenimiento vial estos impactos concluirán (Galapagos, 2016) lo que no sucede para la construcción, la extracción es permanente pero en baja escala (Pazmiño, 2008)

3.2. Recolección de datos

El levantamiento de la información va permitir cumplir con los objetivos planteados en esta investigación, para lo que se realizó un trabajo de campo siguiendo la metodología de **delimitación, búsqueda y selección** utilizada en la investigación “Determinación del sistema constructivo que se adapte de mejor manera para clima cálido-húmedo” (Guamán, 2016), para la fase de delimitación del área de estudio se utilizó la malla urbana proporcionada por el GAD de Puerto Baquerizo Moreno, cabe mencionar que la información tenía un problema con la localización exacta del norte, este levantamiento catastral estaba girado 30 grado con respecto al norte del mapa de Puerto Baquerizo Moreno obtenido del Google Maps y comprobada con el norte geográfico en sitio, se procedió a informar al Técnico responsable en el Municipio de San Cristóbal sobre el error .

Con esta información se determinó los barrios que tenía la trama urbana orientada hacia los ejes este-oeste que es la más favorable orientación en climas cálidos húmedos, garantizando una buena ventilación. (Figura 9).



Figura 9. Malla urbana PUERTO BAQUERIZO MORENO GAD – SAN CRISTOBAL GALAPAGOS. Fuente GAD San Cristóbal Galápagos 2017

Delimitación de la zona de estudio

En la **delimitación** del área para la selección de los casos de estudio se valió de la metodología de orientación sol-aire planteada por Olgyay (1998) donde enuncia que el eje principal de implantación debe estar orientado para evitar la radiación solar directa, y permitir el ingreso de las brisas refrescantes, por lo que se consideró la zona 3 cuya trama urbana está orientada este-oeste especialmente el sector centro este de la población.

La Zona 3 está ubicada en el centro este de la población y está conformada por tres barrios Albatros, Fragatas y Cactus, limitada al norte por las calles Isabela y Guillermo Vela Gallegos, al sur por la Av. Armada Nacional, al este por la Av. Jaime Roldos que constituye la Av. Perimetral y al oeste por la Av. Alsacio Northía y Carlos González Andía. (Figura 10)

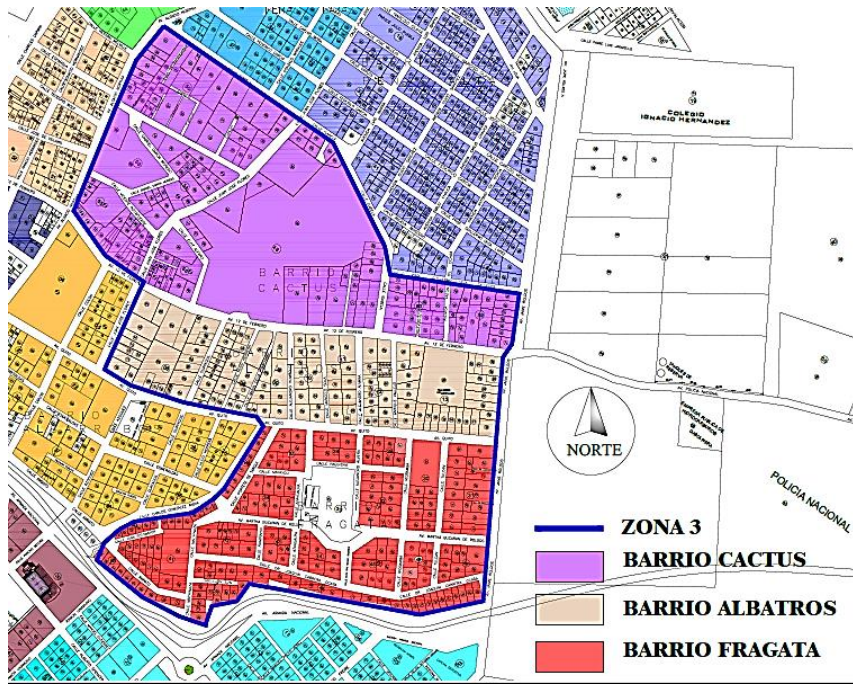


Figura 10. Delimitación del Sector #3. Elaboración propia con datos del GAD San Cristóbal Galápagos 2017

El área para la selección de la muestra está constituida por 18 manzanas, las mismas que están consolidadas y muchas de las viviendas se desarrollan libremente permitiendo tener espacios separados para aprovechar el ingreso del viento y tener árboles para el sombreado de las viviendas. (Olgyay, 1998) (Figura 11)

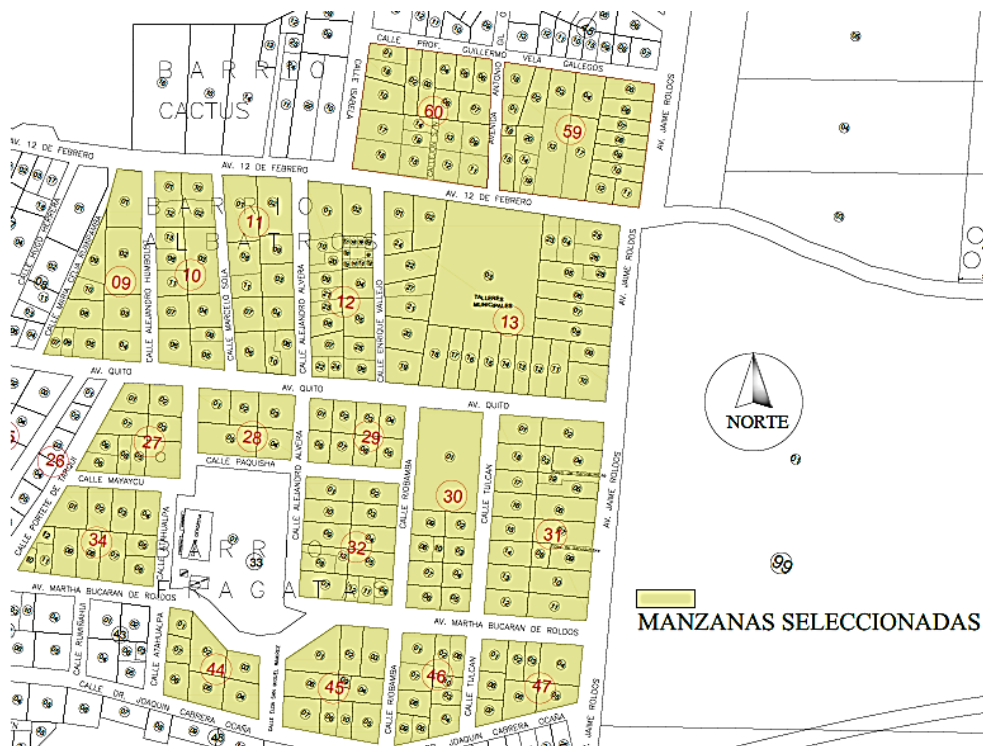


Figura 11. Área para la selección de los casos de estudio. Elaboración propia con datos del GAD San Cristóbal Galápagos 2017

no se consideró las viviendas de losa plana de forma rectangular con orientación este-oeste ya que tenían sistema de climatización mecánica además corresponden al 2%. (Figura 13)

Tabla 4. Matriz de selección: porcentaje de viviendas catalogadas. Elaboración propia 2017

SECTOR # 3 BARRIO	CUBIERTA INCLINADA FORMA RECTANGULAR EJE ESTE-OESTE	CUBIERTA LOSA PLANA FORMA RECTANGULAR EJE ESTE-OESTE	VIVIENDA DE DOS PISOS O MAS	CUBIERTA INCLINADA DIFERENTE FORMA EJE NORTE-SUR	CUBIERTA LOSA PLANA DIFERENTE FORMA EJE NORTE- SUR	HOSTAL O NEGOCIO	TOTAL	OBSERVACIONES
CACTUS	0	0	3	8	1	1	13	
CACTUS	5	1*	4	3	1	2	15	* Adosada en sus límites norte y sur, posee sistema de climatización mecánica
ALBATROS	0	0	4	3	0	0	7	
ALBATROS	1	0	3	1	1	0	6	
ALBATROS	1	0	2	0	0	0	3	
ALBATROS	4	0	3	4	0	0	11	
ALBATROS	0	2*	10	5	2	0	17	* Tiene sistema de climatización mecánica y una de las viviendas solo vienen en verano (agosto)
FRAGATAS	0	0	2	3	0	0	5	
FRAGATAS	0	0	1	0	0	0	1	
FRAGATAS	0	0	2	1	1	0	4	
FRAGATAS	0	0	1	1	0	1	3	
FRAGATAS	3	0	2	2	0	0	7	
FRAGATAS	2	0	3	1	0	0	6	
FRAGATAS	3	0	0	1	0	8	12	
FRAGATAS	6	0	2	0	0	0	8	
FRAGATAS	0	0	3	1	1	0	5	
FRAGATAS	0	0	2	2	0	0	4	
FRAGATAS	0	0	3	4	0	0	7	
FRAGATAS	3	0	0	1	0	0	4	
TOTAL	28	0	50	41	7	12	138	
PORCENTAJE	20%	2%	35%	29%	5%	9%	100%	

PORCENTAJE DE VIVIENDAS CATALOGADAS

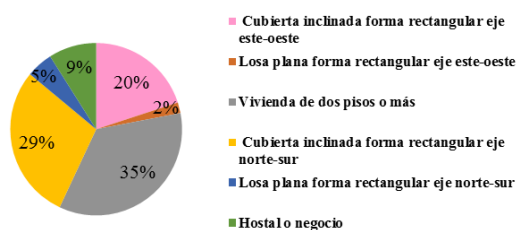


Figura 13. Porcentaje de viviendas catalogadas para la selección de los casos de estudio. Elaboración propia 2017

Selección de los casos de estudio

Las viviendas seleccionadas están ubicadas en el sector 3 en los barrios Fraguatas y Albatros, se planteó dos viviendas emplazadas en la misma cota de nivel con respecto al nivel del mar, para mantener datos registrados de temperatura y humedad relativa exterior iguales, además se consideraron las condiciones externas y el microclima del contexto en donde están emplazadas, cabe mencionar que esta zona está completamente consolidada con viviendas en su mayoría de sistema constructivo de hormigón armado. (Figura 14)

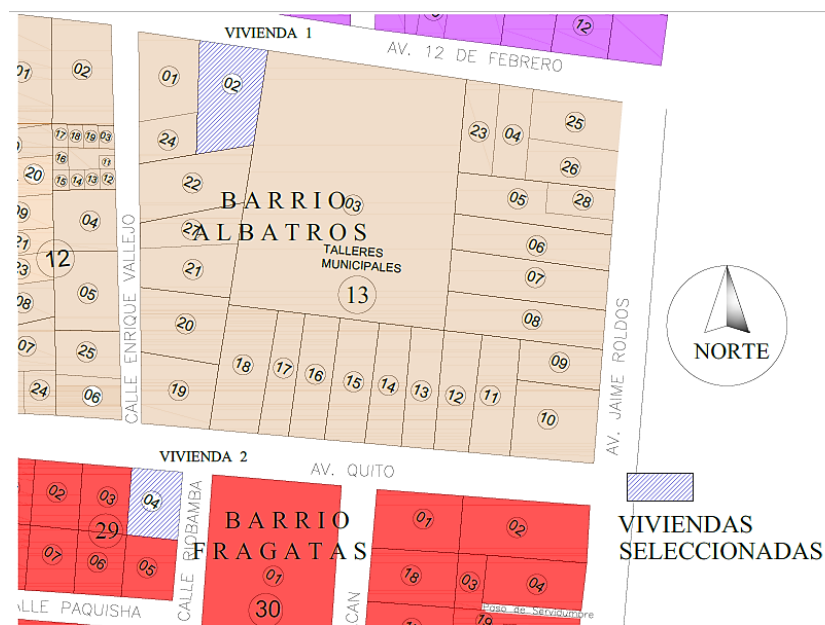


Figura 14. Ubicación de las viviendas seleccionadas de la catalogación para el análisis de la investigación. Elaboración propia con datos del GAD San Cristóbal Galápagos 2017

De las viviendas seleccionadas se obtuvieron los datos climáticos de temperatura y humedad relativa máximas y mínimas en el exterior e interior en un periodo de 6 días, las mediciones se registran con sensores Dataloggers desde el 12 de junio hasta el 17 de junio del 2017.

Vivienda 1

Ubicada en la Av. 12 de Febrero y calle Enrique Vallejo, sector #3 barrio Albatros, manzana # 13 lote # 02 perteneciente a la familia Tenesela. Constituida de una sola planta, tiene un área de 97 m², está constituida por tres dormitorios, un baño completo, baño social y sala comedor, cocina en un solo ambiente. Está orientada norte-sur con una rotación de 8° en su eje este –oeste y su forma es rectangular, la propiedad posee arboles de mediana altura hacia el sur y el resto del terreno existen pocas plantas especialmente

ornamentales, careciendo en su totalidad de áreas verdes, debido a la configuración volcánica de sector. (Figura 15)

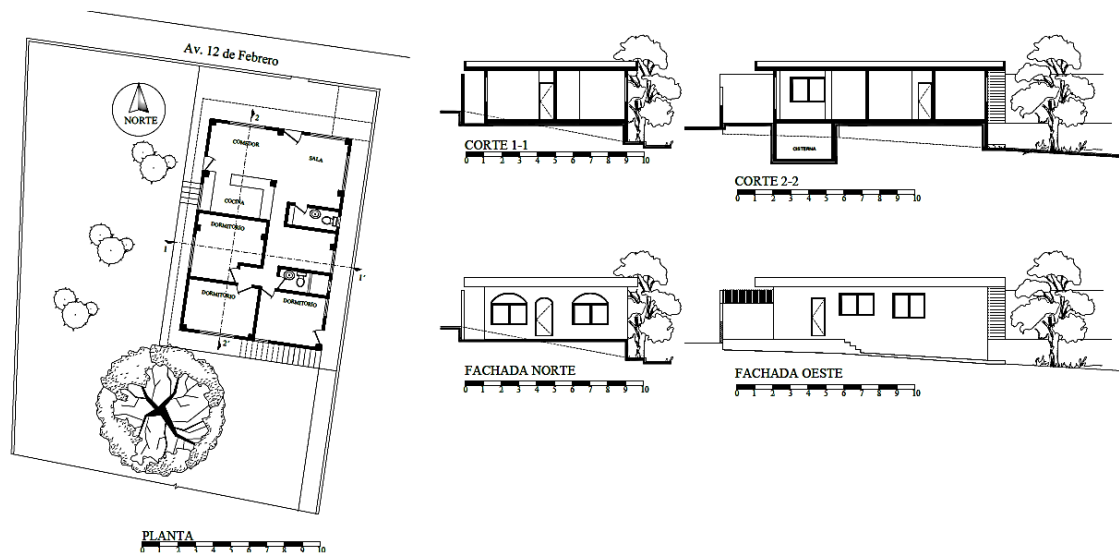


Figura 15. Plantas, cortes y fachadas vivienda 1. Elaboración propia 2017



Figura 16. Fotografías de la vivienda 1. Elaboración propia 2017

Materialidad de vivienda 1

El sistema constructivo de la vivienda 1 está constituido por estructura y losa plana de hormigón armado, paredes de bloque de 15 cm. y pisos de cerámica, los cimientos de la vivienda 1 se asientan sobre rocas volcánicas generando un muro perimetral de hormigón ciclópeo relleno de piedra volcánica para el contrapiso.

En la Figura 17 se observa los detalles constructivos de la vivienda 1, caracterizando los materiales constructivos que lo componen, especialmente con sus grosores que es necesario para el cálculo del comportamiento térmico del mismo.

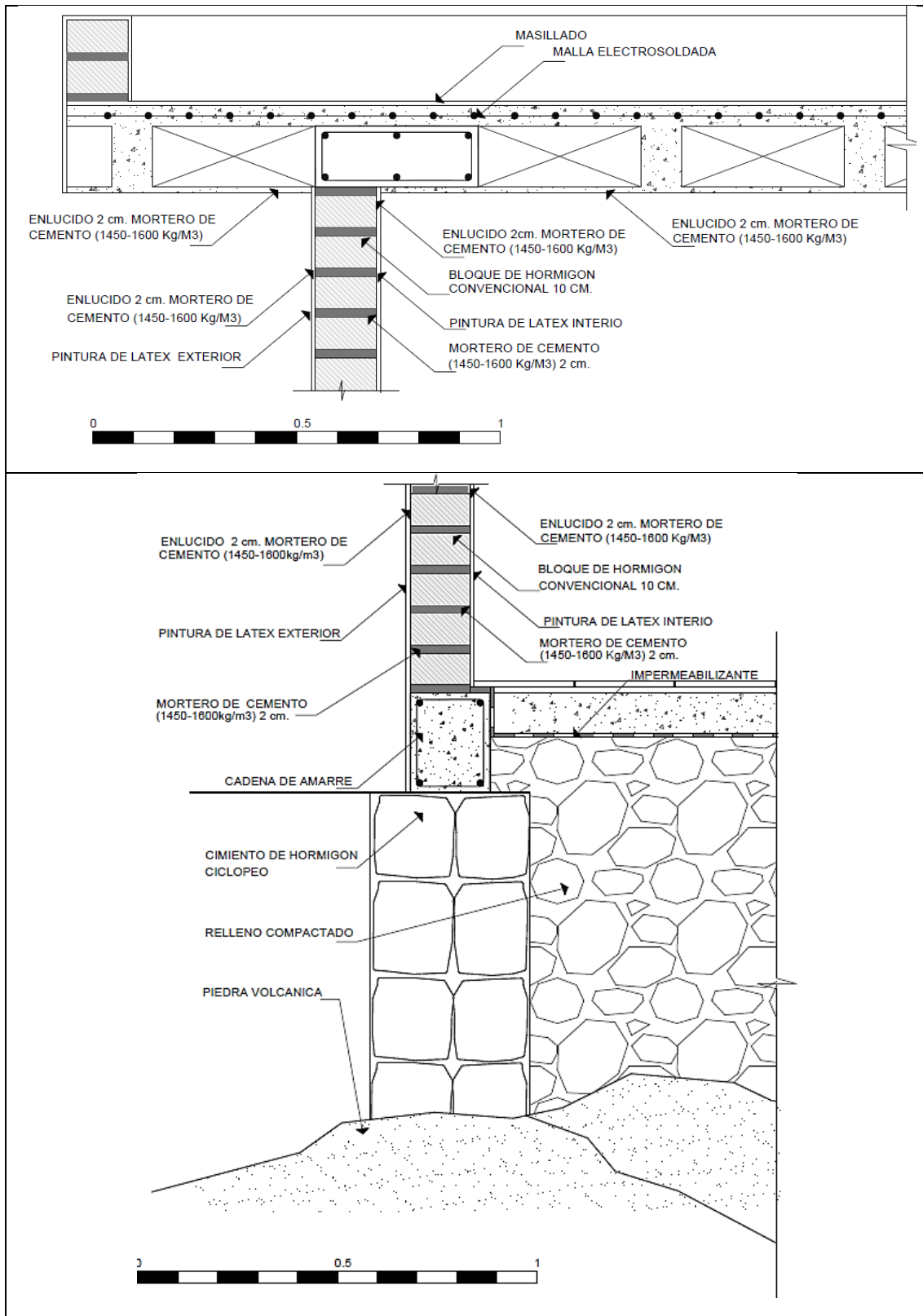


Figura 17. Detalle del sistema constructivo de la pared y de la cubierta de la vivienda 1. Elaboración propia 2017

Como se observa en la Tabla 5, se detalla el comportamiento térmico de la envolvente vertical (paredes) de la vivienda1, los datos fueron generados en la hoja de cálculo de YTONG para la inercia térmica donde se obtuvieron valores de amortiguamiento del

40,99 % en un desfase de 4,50 horas, además se obtuvo los valores de la transmitancia de 2,39 y de resistencia térmica de 0,25.

Tabla 5. Cálculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la envolvente vertical de la vivienda 1. Fuente propia con datos de la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG.

ENVOLVENTE VERTICAL EXTERIOR	ESPESOR M	CONDUCTIVIDAD TRMICA W/(mK)	CALOR ESPECIFICO J/(kgK)	DENSIDAD kg/m3	RESISTENCIA TERMICA K*m2/W.
Pintura látex	0,001	0,4	1460	1240	0,00
Mortero de cemento (1800-2000 kg/m3)	0,02	1,3	1000	1900	0,02
Bloque de hormigón áridos ligeros perforado	0,10	0,47	1000	1000	0,21
Mortero de cemento (1800-2000 kg/m3)	0,02	1,3	1000	1900	0,02
Pintura látex	0,001	0,4	1460	1240	0,00
RESISTENCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE K*m2/W.					0,25
TRANSMITANCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE W/(m2K)					2,39
AMORTIGUACION DE LA HONDA TERMICA %					40,99
INERCIA TERMICA	DEFASE TERMICO EN HORAS				4,60

En la Tabla 6 se observa el cálculo del comportamiento térmico de la cubierta de la vivienda 1, donde los valores de amortiguamiento fueron de 42,50 % y un desfase de 4,90 horas, además se obtuvo los valores de la transmitancia de 3,73 y de resistencia térmica de 0,13.

Tabla 6. Cálculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la cubierta de la vivienda 1. Fuente propia con datos de la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG.

CUBIERTA	ESPESOR M	CONDUCTIVIDAD TRMICA W/(mK)	CALOR ESPECIFICO J/(kgK)	DENSIDAD kg/m3	RESISTENCIA TERMICA K*m2/W.
Pintura látex	0,001	0,4	1460	1240	0,00
Mortero de cemento (1800-2000 kg/m3)	0,02	1,3	1000	1900	0,02
Hormigón armado	0,15	1,63	805	2400	0,09
Mortero de cemento (1800-2000 kg/m3)	0,02	1,3	1000	1900	0,02
Pintura látex	0,001	0,4	1460	1240	0,00
RESISTENCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE K*m2/W.					0,13
TRANSMITANCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE W/(m2K)					3,73
AMORTIGUACION DE LA HONDA TERMICA %					42,50
INERCIA TERMICA	DEFASE TERMICO EN HORAS				4,90

De acuerdo a los parámetros máximos y mínimos para la transmitancia térmica para el clima cálido húmedo, descrito en el Capítulo II, se observa en la Tabla 7 el valor de la

transmitancia para paredes es de 2,39, valor que está dentro de los valores recomendados por IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730 W/ (m2K) y de la NEC-11 W/ (m2K), lo que sugiere que el sistema constructivo en las paredes no necesita ser modificado en su estructura para que funcione bien térmicamente. En Cambio el valor de transmitancia en la cubierta esta fuera de los valores recomendados, por lo que es necesario recomendar estrategias pasivas para mejorar el comportamiento térmico en este sistema constructivo.

Tabla 7. Comparación de resultados obtenidos en la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG. Con los datos de las diferentes normativas NORMATIVA IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730 W/ (m2K) y de la NEC-11 W/ (m2K). (Capitulo II)

SISTEMA CONSTRUCTIVO	HOJA DE CALCULO YTONG. W/(m2K)	NORMATIVA IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730 W/(m2K)	NEC-11 W/(m2K)
PAREDES	2,39	≤ 3,70	≤ 3,00
CUBIERTA	3,73	≤ 2,30 - 1,50 - 0,50	≤ 2,30

Vivienda 2

Ubicada en la Av. Quito y calle Riobamba, sector #3 barrio Fraguatas, manzana # 29 lote # 04 perteneciente a la familia Vilema. Constituida de una sola planta, tiene un área de 92 m2, su orientación es este-oeste con una ligera rotación en el eje de 5° y su forma es rectangular, la propiedad posee arboles de mediana estatura hacia el sur y el resto del terreno existen pocas plantas especialmente ornamentales, careciendo en su totalidad de áreas verdes, debido a la configuración volcánica de sector (Figura 18), (Figura 19).

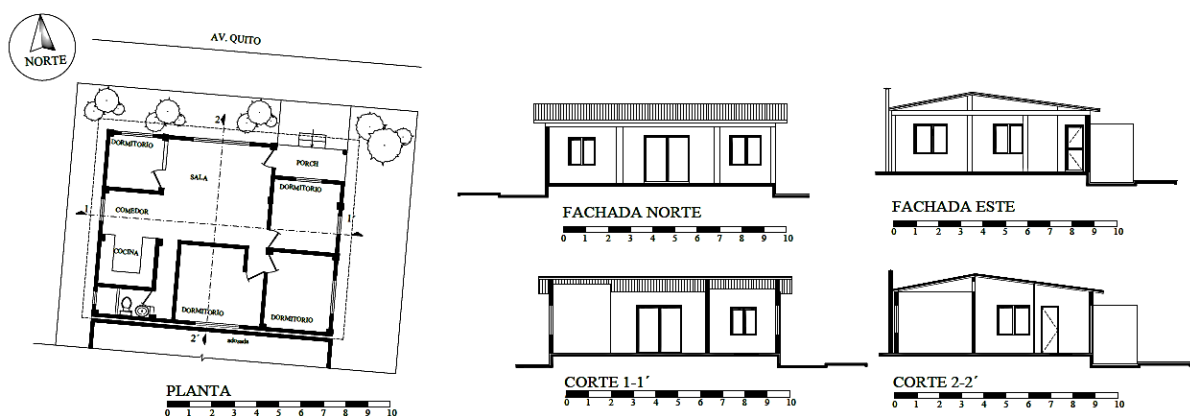


Figura 18. Planta, cortes y fachadas vivienda 2. Elaboración propia 2017

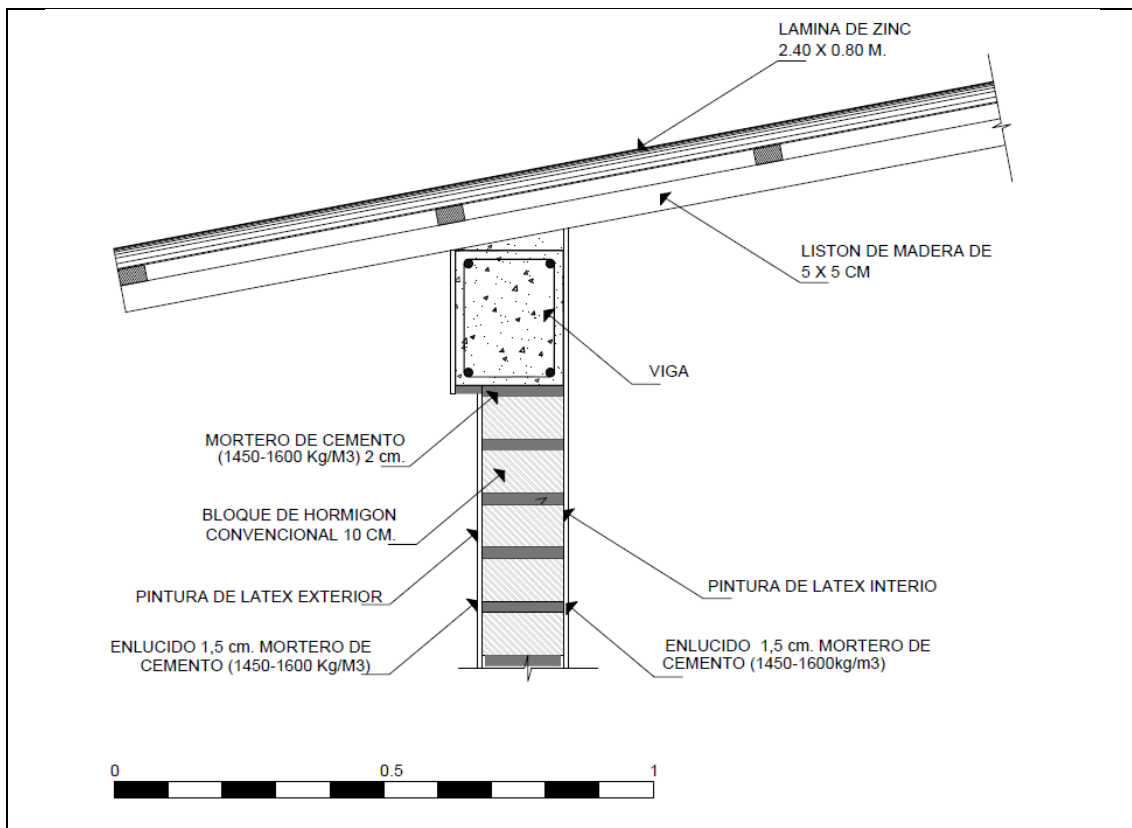


Figura 19. Fotografías de la Vivienda 2 Elaboración propia 2017

Materialidad vivienda 2

La vivienda 2 posee un sistema constructivo de hormigón armado en su estructura, la cubierta es de zinc y la pared norte es de bloque enlucidas interior y exterior, las paredes este y oeste son enlucidas por el interior y revocadas al exterior, sus pisos son de cerámica.

En la Figura 20 se observa los detalles constructivos de la vivienda 1, caracterizando los materiales constructivos que lo componen, especialmente con sus grosores que es necesario para el cálculo del comportamiento térmico del mismo.



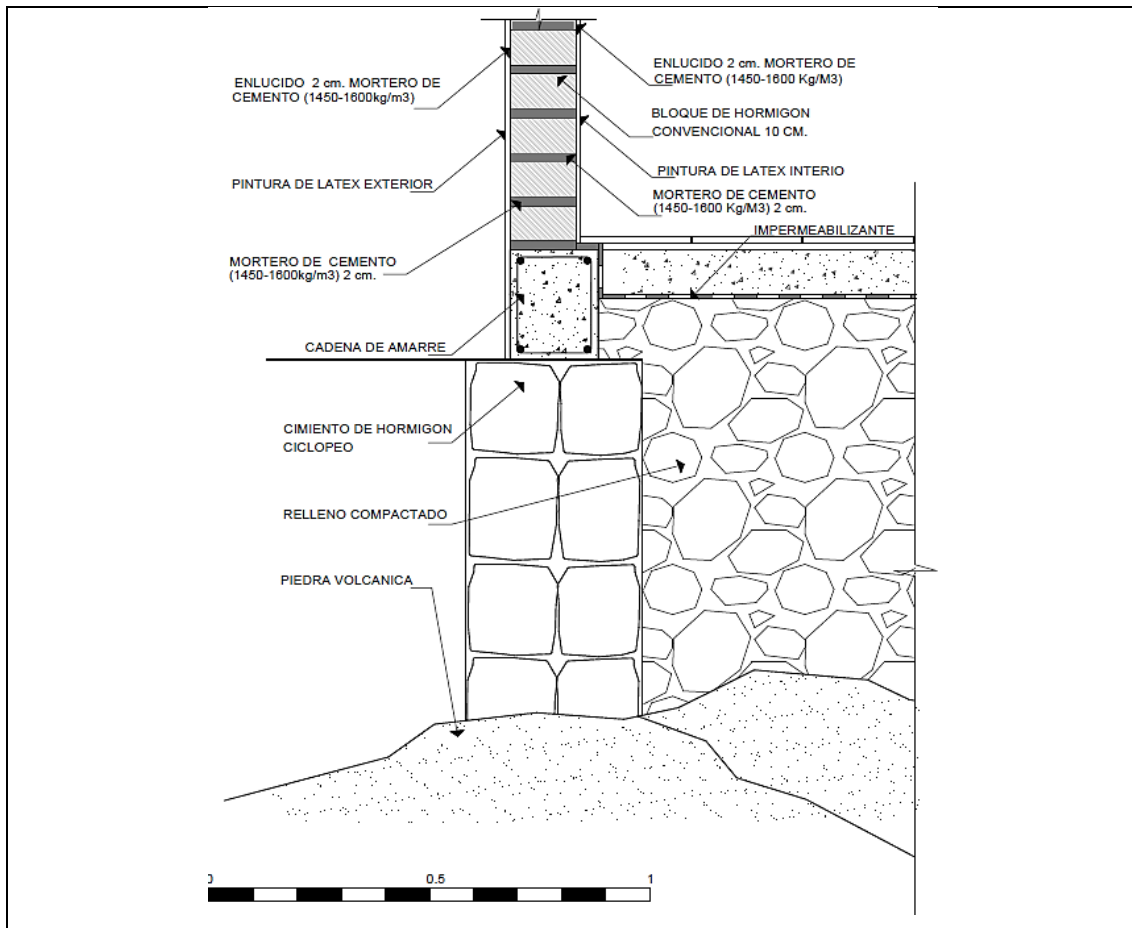


Figura 20. Detalle del sistema constructivo de la pared y de la cubierta de la vivienda 2. Elaboración propia 2017

El comportamiento térmico de la envolvente vertical norte de la vivienda 2, fueron calculados como en la vivienda 1, en la hoja de cálculo de YTONG para la inercia térmica, los resultados son igual que la vivienda 1 ya que es el mismo sistema constructivo, para el amortiguamiento el valor es 40,99 % con un desfase de 4,50 horas, los valores de la transmitancia son 2,39 y de resistencia térmica es 0,25. Para las fachadas este y oeste no tiene recubrimiento exterior y sus paredes son revocadas, por lo que cambia los valores de resistencia térmica en 0,23, transmitancia térmica 2,50 el valor para el amortiguamiento es 36,17 % y el desfase es de 4,20 horas. (Tabla 8)

Tabla 8. Calculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la envolvente vertical este y oeste de la vivienda 2. Fuente propia con datos de la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG.

ENVOLVENTE VERTICAL EXTERIOR	ESPESOR M	CONDUCTIVIDAD TRMICA W/(mK)	CALOR ESPECIFICO J/(kgK)	DENSIDAD kg/m3	RESISTENCIA TERMICA K*m2/W.
Bloque de hormigón áridos ligeros perforado	0,10	0,47	1000	1000	0,21
Mortero de cemento (1800-2000 kg/m3)	0,02	1,3	1000	1900	0,02
Pintura latex	0,001	0,4	1460	1240	0,00
RESISTENCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE K*m2/W.					0,23

TRANSMITANCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE	W/(m2K)	2,50
INERCIA TERMICA	AMORTIGUACION DE LA HONDA TERMICA	%
	DEFASE TERMICO EN HORAS	4,20

En la Tabla 9 se observa el cálculo del comportamiento térmico de la cubierta de la vivienda 2, donde se obtuvieron valores de amortiguamiento del 0 % en un desfase de 0 horas , además se obtuvo los valores de la transmitancia de 7,14 y de resistencia térmica de 0,00.

Tabla 9. Calculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la cubierta de la vivienda 1. Fuente propia con datos de la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG.

CUBIERTA	ESPESOR M	CONDUCTIVIDAD TRMICA W/(mK)	CALOR ESPECIFICO J/(kgK)	DENSIDAD kg/m3	RESISTENCIA TERMICA K*m2/W.
Zinc	0,002	7130	111	380	0,00
RESISTENCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE					K*m2/W.
TRANSMITANCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE					W/(m2K)
INERCIA TERMICA	AMORTIGUACION DE LA HONDA TERMICA				%
	DEFASE TERMICO EN HORAS				0,00

De acuerdo a los parámetros máximos y mínimos para la transmitancia térmica para el clima cálido húmedo, descrito en el Capítulo II, se observa en la Tabla 10 el valor de la transmitancia para paredes es de 2,50, valor que está dentro de los valores recomendados por IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730 W/ (m2K) y de la NEC-11 W/ (m2K), lo que sugiere que el sistema constructivo en las paredes no necesita ser modificado en su estructura para que funcione bien térmicamente. En Cambio el valor de la resistencia térmica es 0 y la transmitancia en la cubierta es 7.14, al igual no existe inercia térmica debido al material de zinc, por lo que es necesario recomendar estrategias pasivas para mejorar el comportamiento térmico en este sistema constructivo.

Tabla 10. Comparación de resultados obtenidos en la tabla de cálculo de la inercia térmica de YTONG. Con los datos de las diferentes normativas NORMATIVA IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730 W/ (m2K) y de la NEC-11 W/ (m2K) (Capitulo II)

SISTEMA CONSTRUCTIVO	HOJA DE CALCULO YTONG. W/(m2K)	NORMATIVA IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730 W/(m2K)	NEC-11 W/(m2K)
PAREDES	2,50	≤ 3,70	≤ 3,00
CUBIERTA	7,14	≤ 2,30 - 1,50 - 0,50	≤ 2,30

3.3. Evaluación in-situ

Con el objetivo de evaluar el desempeño térmico de las dos viviendas seleccionadas, se inició con el protocolo de mediciones de acuerdo a la ISO 7726-2001 (Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas). Para la toma de datos se utilizaron 12 datalogger los mismos que fueron utilizados para medir la temperatura del aire y la humedad relativa exterior e interior.


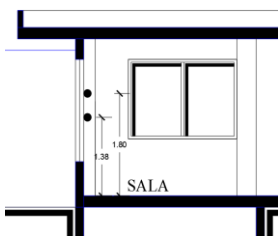

En las dos viviendas los instrumentos de medición datalogger para la toma de temperatura y humedad relativa, fueron colocados en las paredes interiores a una altura de 1,80m. Para evitar posibles fuentes internas de calor tanto de personas o de equipos y a 1,50m. los datalogger con una sonda adicional conectada al equipo para la medición de la temperatura interior de la envolvente llamado termocuple y bajo el techo igual se procedió a colocar un equipo de medición datalogger en cada vivienda.


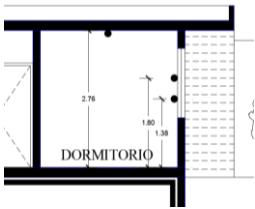
Para el registro de temperatura y humedad relativa exterior se colocaron a una altura de 2,80 en un lugar protegido, tratando de evitar la exposición directa de los rayos solares.

Toma de datos a escala real en los casos de estudio

Para el monitoreo de temperatura y humedad relativa en la **vivienda 1** se utilizaron 8 datalogger, estos instrumentos de medición se colocaron en dos espacios de la vivienda, en la sala en su pared norte y en el dormitorio 1 en la pared sur, para evitar la incidencia directa de la radiación solar en las paredes a medir, de acuerdo a la orientación optima recomendada por Olgyay, además se colocaron un sensor en los techos de cada espacio seleccionado para su monitoreo. (Tabla 11)


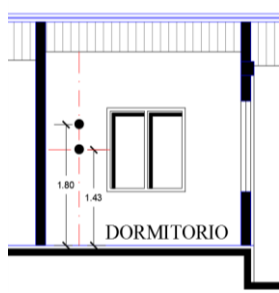
Tabla 11. Protocolo de mediciones vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017

VIVIENDA 1 SALA NORTE EN ISO 7726-2001					
DATA LOGGER	EQUIPO	LUGAR	LOCALIZACION	ALTURA M.	ORIENTACION
DATA LOGGER 1		PARED INTERIOR		1,8	NORTE
DATA LOGGER 2		TECHO		2,8	NORTE
DATA LOGGER 3		PARED EXTERIOR		2,75	NORTE
DATA LOGGER 4		TERMOCUPLE		1,50	NORTE

VIVIENDA 1 DORMITORIO SUR - EN ISO 7726-2001					
DATA LOGGER	EQUIPO	LUGAR	LOCALIZACION	ALTURA M.	ORIENTACION
DATA LOGGER 1		PARED INTERIOR		1,8	SUR
DATA LOGGER 2		TECHO		2,76	SUR
DATA LOGGER 3		PARED EXTERIOR		4,05	SUR
DATA LOGGER 4		TERMOCUPLE		1,50	SUR

En la **vivienda 2** se colocaron 4 datalogger, 3 datalogger en la pared norte del dormitorio interior y exterior y 1 datalogger bajo la cubierta, no se tomó en cuenta la pared sur para la medición ya que la vivienda esta adosada hacia el sur. Como se muestra la Tabla 12 los instrumentos de medición fueron colocados en las paredes interiores en un intervalo de medidas de 1,80m. Los datalogger para la toma de temperatura y humedad relativa y a 1,50 m. datalogger (termocuple) para la toma de temperatura de la envolvente. Para el registro de temperatura y humedad relativa exterior se colocaron a una altura de 2,80 en un lugar protegido, tratando de evitar la exposición directa del sol.

Tabla 12. Protocolo de mediciones vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017

VIVIENDA 2 DORMITORIO NORTE EN ISO 7726-2001					
DATA LOGGER	EQUIPO	LUGAR	LUGAR	ALTURA M.	ORIENTACION
DATA LOGGER 1		TECHO		3,45	NORTE
DATA LOGGER 2		PARED INTERIOR		1,80	NORTE
DATA LOGGER 3		PARED EXTERIOR		2,80	NORTE
DATA LOGGER 4		TERMOCUPLE		1,50	NORTE

Análisis de datos in – situ de cada caso de estudio

El monitoreo de las dos viviendas a evaluar se inició el día lunes 12 de junio del 2017 a la 9:00 AM y concluyo el sábado 17 de junio a las 9:00 AM, los datalogger se calibraron con un intervalo de 15 minutos y estuvieron colocados de acuerdo a la tabla de protocolo de la ISO 7726-2001 enunciado en el capítulo II. Todos estos datos fueron descargados de los datalogger después de los 6 días de mediciones y se elaboraron hojas de cálculo con los datos de temperatura y humedad relativa interiores y exteriores de cada zona, para ser comparados y analizados.

Mediciones in – situ dormitorio y sala vivienda 1.

Para de evaluar el comportamiento térmico de las paredes y el techo de la vivienda 1, los datalogger fueron colocados como indica la Figura 21 tomando en cuenta la recomendación de la ISO 7726-2001.

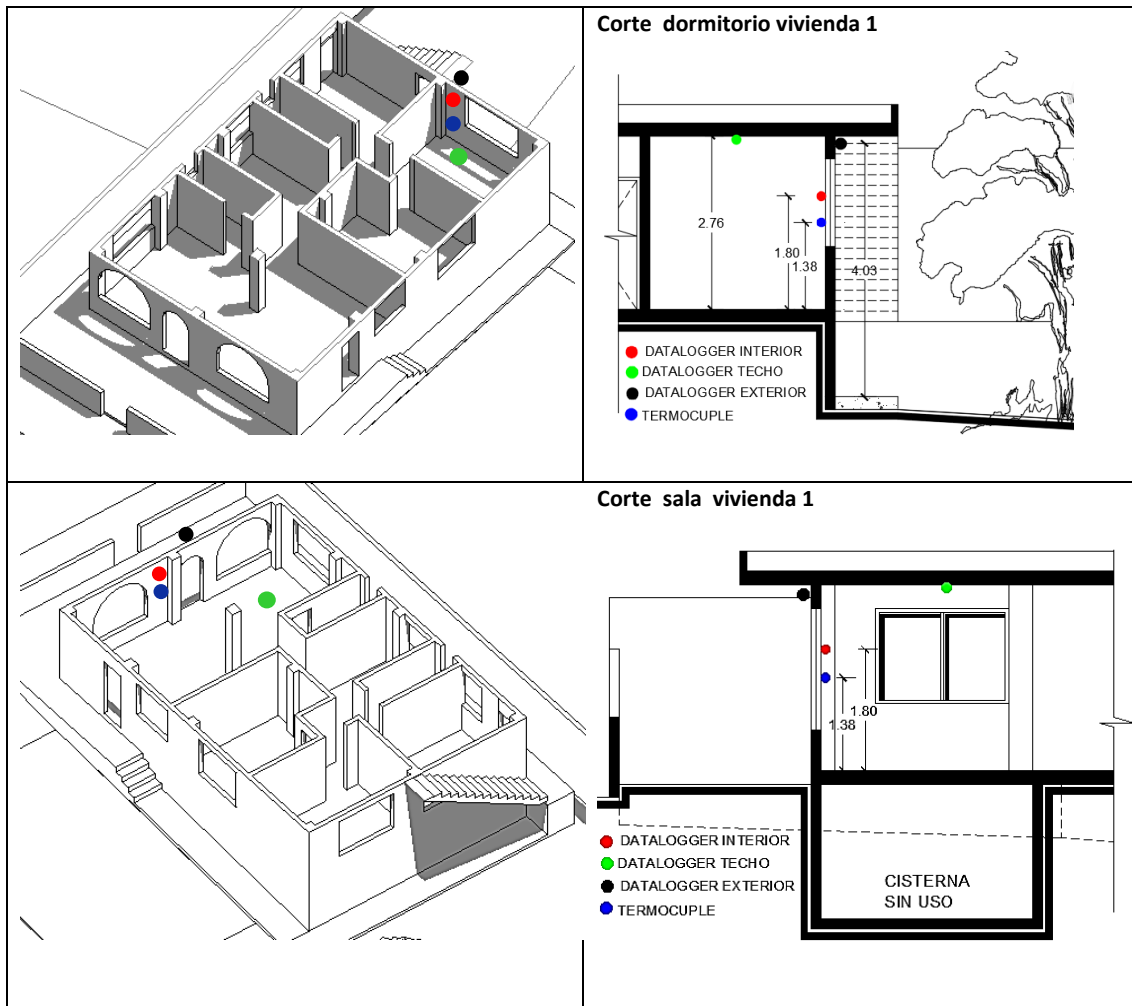


Figura 21. Ubicación de los dispositivos de medición datalogger en el dormitorio y la sala de la vivienda 1. Elaboración propia 2017

Resultados de humedad relativa y temperatura interior del dormitorio en la vivienda 1.

Para determinar los rangos de confort térmico como base del análisis del comportamiento térmico del sistema constructivo de la vivienda 1 y obtener los valores para una comparación cualitativa y cuantitativa con los resultados obtenidos de las mediciones nos basamos en los intervalos de temperatura para la obtención de confort según la norma ISO 7730 y la ASHRAE ST 55 enunciados en el capítulo II en zona de confort térmico donde se determina los valores máximos y mínimos de temperatura que van desde los 22 °C hasta los 27 °C y humedad relativa desde el 30% hasta el 70%, valores para que un

ambiente determinado se encuentre dentro de los límites de la franja de confort estos valores se consideran aceptables de acuerdo a Olgyay (1998).

Los resultados obtenidos de las mediciones durante los 6 días de monitoreo, suministraron un registro promedio de temperatura interna máxima de 27,34°C, mínima de 25,20°C y promedio de humedades relativas internas de máxima 77,41%, mínima 66,42%. Los datos promedios exteriores obtenidos fueron en temperaturas máximos de 27,13°C, mínima 22,59°C y para las humedades relativas un promedio de máxima 87,82% y mínima 64,70%. De acuerdo a desempeño mínimo recomendado las temperaturas internas y externas están dentro de lo aceptable de acuerdo a los valores recomendados $T_i. Max \leq T_e. Max$ (Netto, 2016). (Tabla 13).

Tabla 13. Registro de temperaturas promedios máximas y mínimas durante los 6 días de monitoreo del dormitorio 1 de la vivienda 1. Elaboración propia 2017

VIVIENDA 1 DOMITORIO								
INTERIOR					EXTERIOR			
FECHA	TEMPERATURA °C		HUMEDAD RELATIVA %		TEMPERATURA °C		HUMEDAD RELATIVA %	
	MAX °C	MIN °C	MAX %	MIN %	MAX °C	MIN °C	MAX %	MIN %
06/12/2017	27,54	25,39	69,14	62,09	27,81	22,30	85,06	55,02
06/13/2017	27,31	24,97	82,80	66,72	27,73	21,97	87,87	63,09
06/14/2017	27,36	24,54	80,51	69,51	27,88	22,35	90,17	64,04
06/15/2017	27,66	25,05	80,57	66,64	28,03	22,78	91,17	61,90
06/16/2017	27,68	25,90	75,84	64,00	27,93	23,29	85,91	61,54
06/17/2017	26,51	25,36	75,62	69,57	23,43	22,85	86,72	82,62
PROMEDIO	27,34	25,20	77,41	66,42	27,13	22,59	87,82	64,70

Análisis comparativo de la Humedad Relativa interior y exterior del dormitorio de la vivienda 1.

En la Figura 22, se presentan los resultados obtenidos de la humedad relativa interior, exterior y del techo en el dormitorio, el análisis de las curvaturas determina picos de valores fuera de la franja de confort sobre el 70% de humedad relativa. En este punto se debería considerar la ventilación para mejorar la humedad relativa alta dentro de la habitación. Las curvas de humedad relativa interior y de la envolvente superior (techo) tienen un registro similar, lo que no sucede con la curva exterior que sus valores son altos especialmente en horas de la noche y la madrugada, debiéndose al descenso de la temperatura exterior a esas horas (Anexo 3).

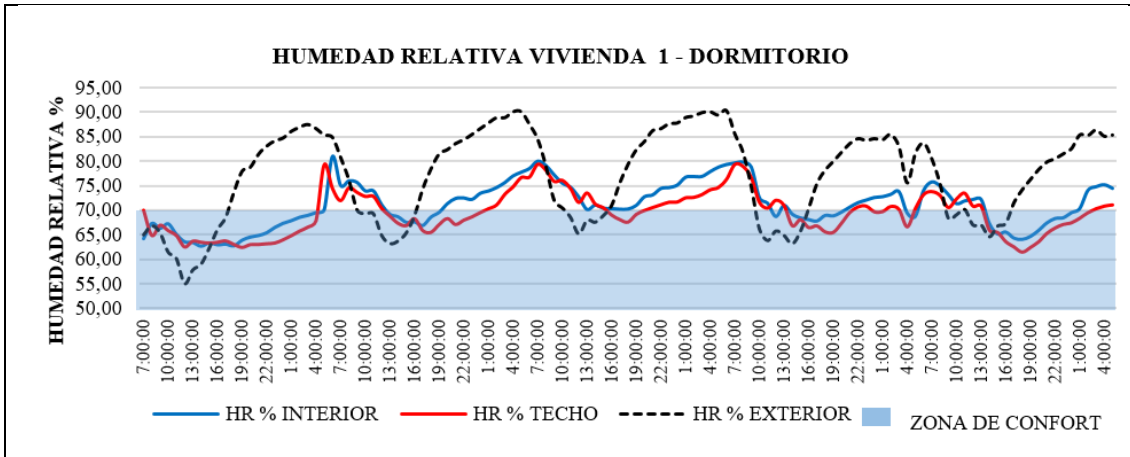
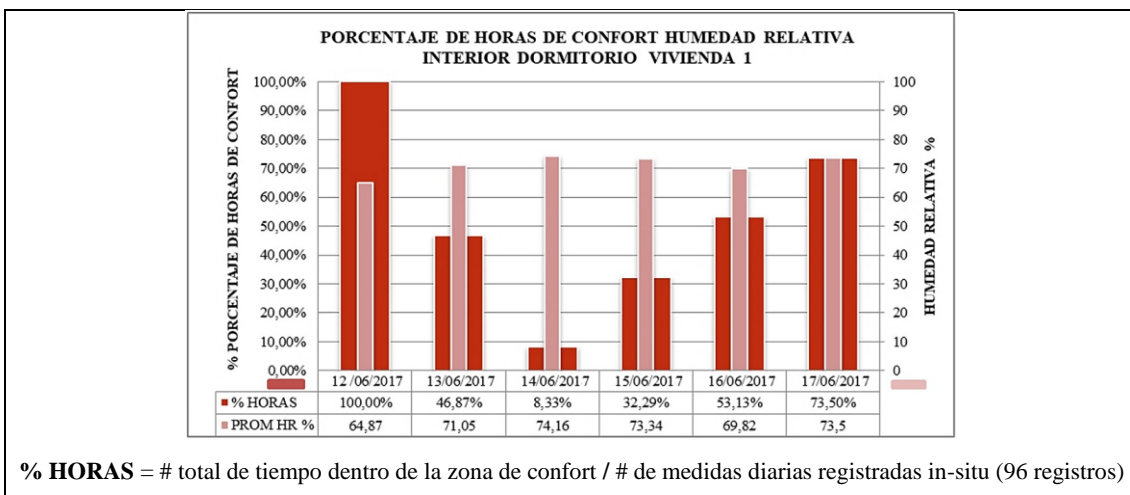


Figura 22. Resumen de mediciones de Humedades Relativas diarias en el dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017

Como se observa en la Figura 23, en el análisis comparativo entre el porcentaje de horas de confort y el promedio de humedad relativa interior en el dormitorio, el primer día de medición se observó que la humedad relativa está dentro de la franja de confort, los siguientes días las mediciones proyectan datos fuera de la franja de confort, siendo el miércoles 14 el día más crítico con un valor del 8,33% de horas de confort y de un promedio de 74,16% de humedad relativa, esto puede traer problemas dentro de la vivienda ya que los valores sobre el 70% puede generar el fenómeno de condensación y dar paso a la aparición de hongos y otras patologías, de igual manera hay que considerar el clima cálido húmedo, el emplazamiento de la vivienda y su cercanía al mar que trae las brisas marinas y la evaporización marina produce elevadas humedades relativas. (Olgay, 1998)



% HORAS = # total de tiempo dentro de la zona de confort / # de medidas diarias registradas in-situ (96 registros)
 Figura 23. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017

En el Figura 24 se demuestra que hay un aumento significativo en el porcentaje de horas de confort interno con respecto a la humedad relativa interior del dormitorio en el techo, los datos registrados más críticos son los días miércoles 14 y jueves 15 de junio con el

28,12% y el 36,45 % de horas de confort respectivamente, llegando a superar humedad relativa sobre el 70%, el resto de días las mediciones no superaron el 70% de humedad relativa en más de un 50%, además el techo es parte de la envolvente constructiva que está expuesta a recibir el impacto directo de la radiación solar y transferir el calor al interior del dormitorio por convección modificando la humedad relativa del aire interior, por lo que hay que considerar al techo como un elemento constructivo de bajo desempeño térmico dentro del sistema constructivo de la vivienda.

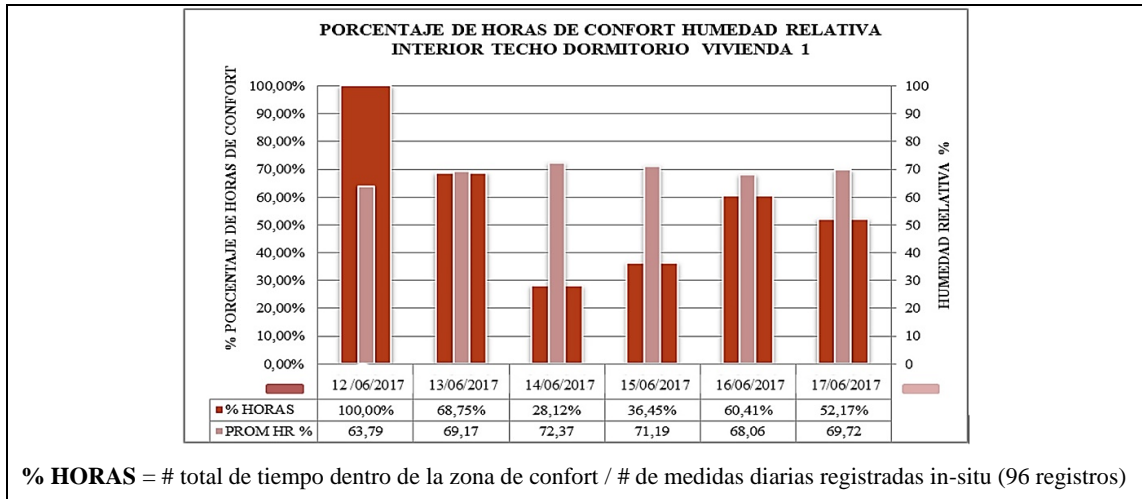
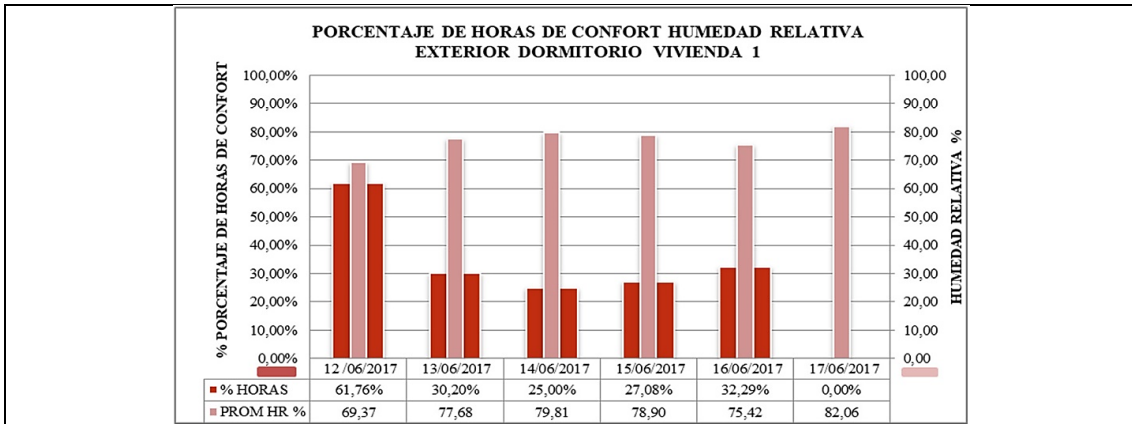


Figura 24. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior en el techo del dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017

Los resultados obtenidos del análisis comparativo de la humedad relativa exterior del dormitorio y el número de horas de confort registrados proyectan valores altos para la humedad relativa, siendo en este caso el lunes el único día en horas de confort con un 100% con una humedad relativa promedio del 63,79% y los demás días sobrepasan el 70% de la humedad relativa manteniéndose fuera de la zona de confort, cabe indicar que la envolvente vertical con orientación sur no estuvo expuesta directamente a la radiación solar en los días en que se registraron los datos climáticos, lo que sugiere la elevada humedad relativa exterior. (Figura 25)



% HORAS = # total de tiempo dentro de la zona de confort / # de medidas diarias registradas in-situ (96 registros)

Figura 25. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa exterior del dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017

Análisis comparativo de la Temperatura interior y exterior del dormitorio de la vivienda 1

La Figura 26 corresponde al análisis comparativo de las temperaturas interiores y exteriores del dormitorio de la vivienda 1, donde se observan que las curvas de las temperaturas interior, exterior y termocuple se encuentran dentro de la zona de confort datos que van desde los 22°C hasta los 27°C de acuerdo a la norma ISO 7730, ASHRAE STD 55 y al diagrama bioclimático de Olgay, debido a que la envolvente vertical con orientación sur recibe los vientos predominantes del sur y está protegido de vegetación en su frente, además que la radiación solar le llega indirectamente en esta época del año.

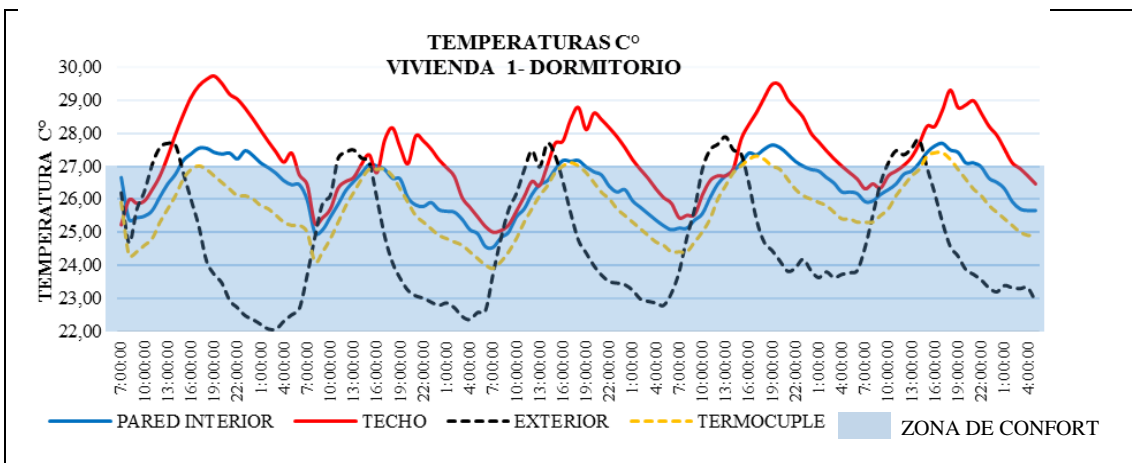


Figura 26. Valores de la temperatura en la envolvente sur del dormitorio de la vivienda 1 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017

Los únicos registros de temperatura que se encuentran fuera de la franja de confort son los datos de la envolvente superior (techo) como se observa en la evolución de la curvatura del techo en la Figura 26, debido a que este recibe directamente la radiación

solar por lo que transfiere el calor al interior del dormitorio por **convección**, elevando la temperatura en el interior del espacio. (Figura 27)

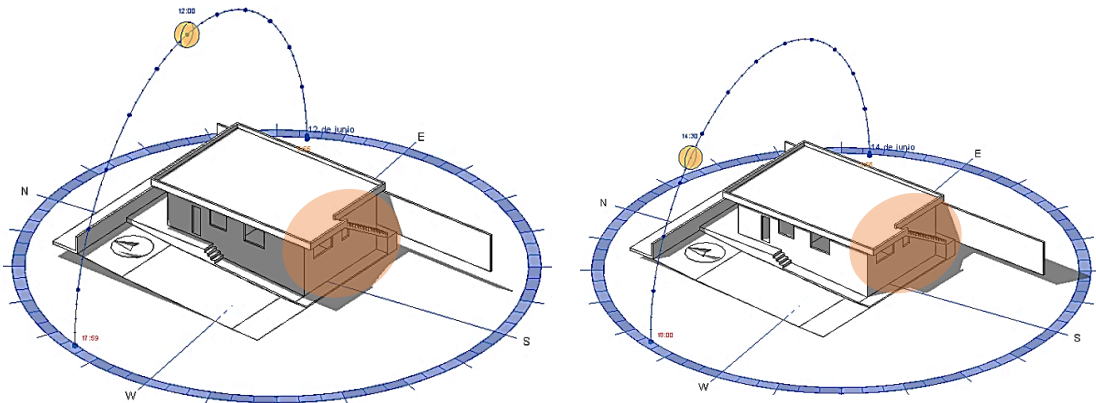


Figura 27. Asoleamiento sobre la vivienda 1, radiación indirecta sobre la pared sur y radiación directa sobre la cubierta. Elaboración propia 2017

Temperatura interior dormitorio vivienda 1

Los datos obtenidos en el análisis comparativo entre el porcentaje de horas de confort y el promedio la temperatura interior en el dormitorio están dentro de la zona de confort con valores menores a 27°C, oscilando entre 25°C y 27°C de temperatura promedio. Durante el horario vespertino y nocturno la ganancia de calor aumenta debido a la inercia térmica de la envolvente, donde el calor acumulado durante la mañana por la incidencia de la radiación solar y la temperatura del aire exterior que atraviesan la envolvente por convección en un determinado tiempo, hacen que parte de la tarde y la noche el ambiente este fuera de la zona de confort térmico pudiendo ser controlada con ventilación nocturna. (Figura 28)

El aumento o la disminución de la temperatura sobre la envolvente, está relacionada directamente con la radiación solar y el intercambio de este con la temperatura aire del microclima en el entorno, y es así que se tiene porcentajes que fluctúan entre el 60% hasta el 100% de horas de confort en el interior del espacio, el único día en que presento un comportamiento térmico desfavorable dentro del espacio monitoreado fue el lunes con el 47,05% ya que las mediciones no se tomaron las 24 horas como en los otros días (Figura 28).

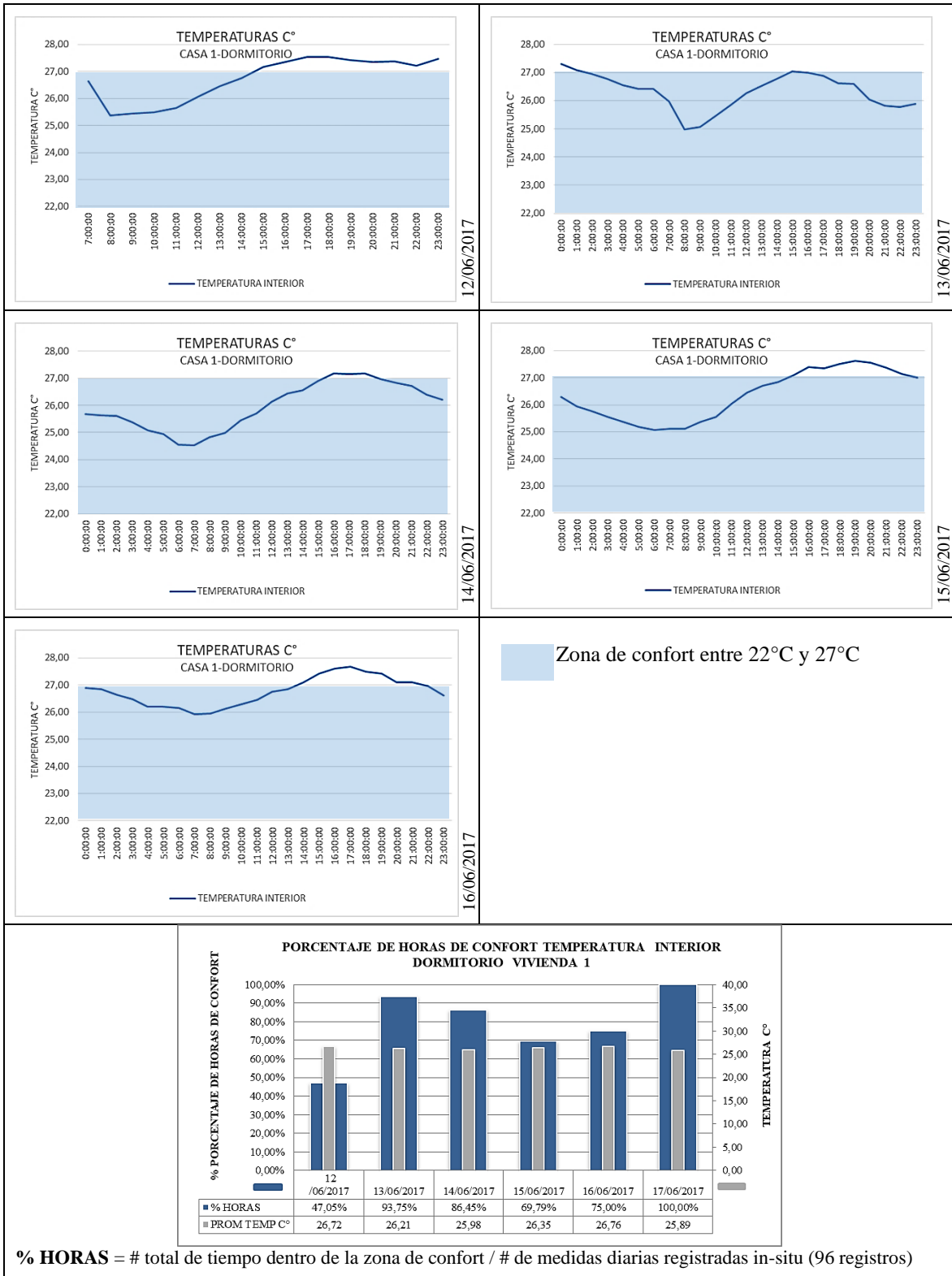


Figura 28. Registro de temperatura interior diaria y franja de confort. Elaboración propia. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior del dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017

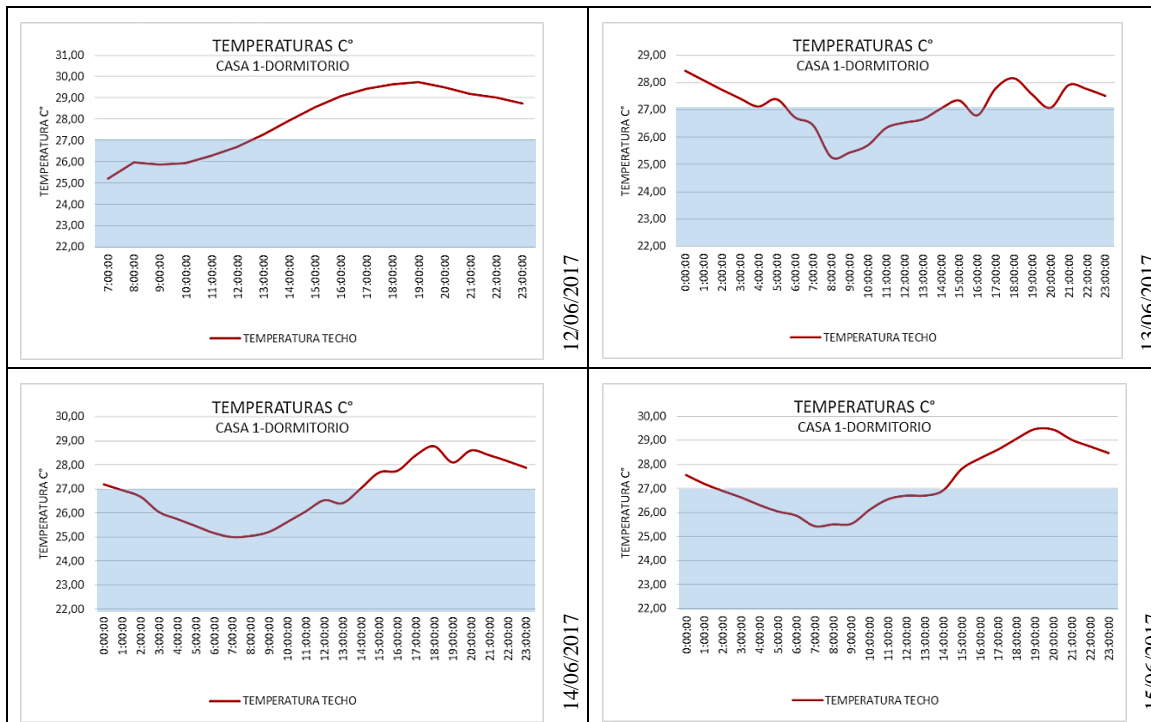
Temperatura interior techo vivienda 1

Los valores de temperatura diaria en la envolvente superior (techo) sobrepasan los 27°C dando como resultado un comportamiento térmico desfavorable y diferente de la

envolvente vertical, de acuerdo a la Figura 29 observamos las curvaturas en sus picos más altos durante las horas de la tarde y la noche esto se debe a que la energía almacenada por el techo en el día es evacuado hacia el interior en el horario nocturno, provocando malestar térmico.

La mayor parte del tiempo la temperatura interior en el techo presenta condiciones fuera de la zona de confort, con excepción del miércoles 14/06/2017 donde la variación de temperatura alcanzó un 57,29% de horas de confort y una temperatura promedio de 26,84°C, este registro de temperaturas de acuerdo a la gráfica anterior fueron en horas matutias siendo el pico más bajo entre las 7:00AM y las 8:00AM con una temperatura mínima de 24,54°C, coincidiendo la temperatura exterior que igual alcanzo la temperatura mínima exterior con 22,35°C. (Figura 29)

Tenemos que considerar que la cubierta de la vivienda está expuesta a recibir directamente la radiación solar, por lo que debemos tomar en cuenta en la evaluación final la influencia directa de los techos en el comportamiento térmico de toda la envolvente (Olgay, 1998) (Hobaica, Sosa, & Rosales, 2000), además la baja o nula inercia térmica y la poca resistencia térmica de la materialidad de la losa permite la trasferencia del calor al interior del ambiente como se describe en la materialidad del sistema constructivo de la vivienda 1.



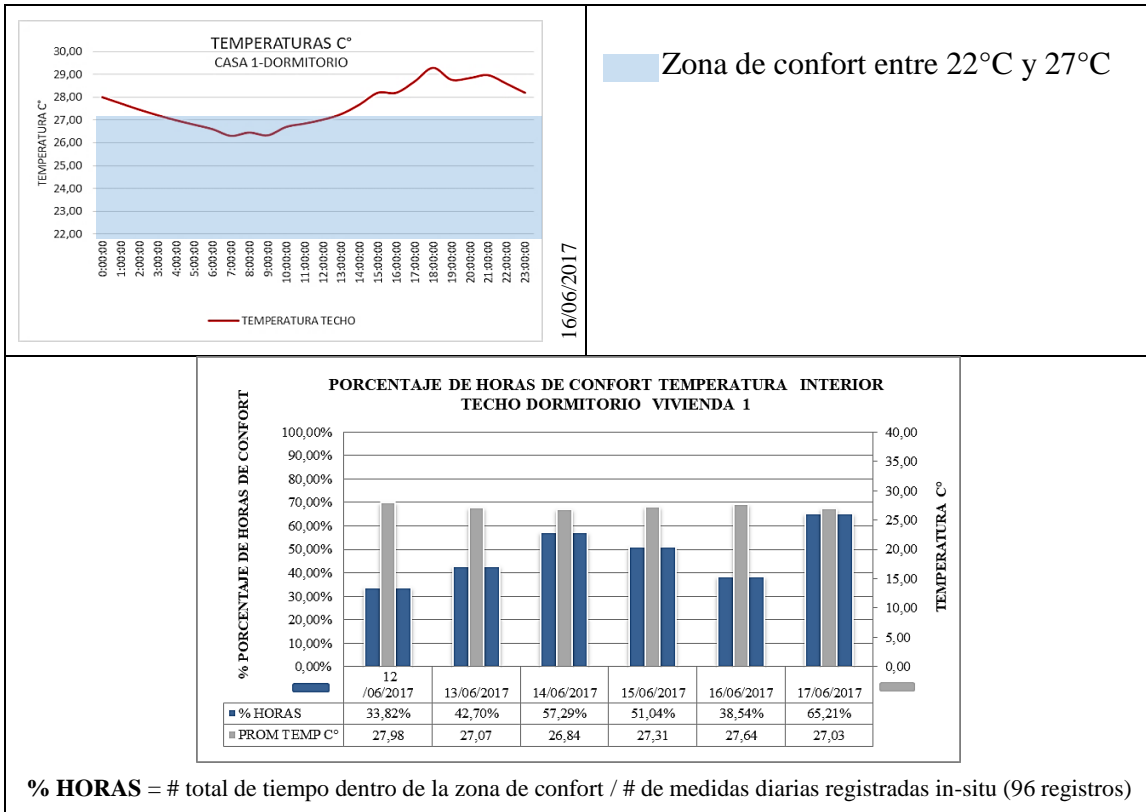


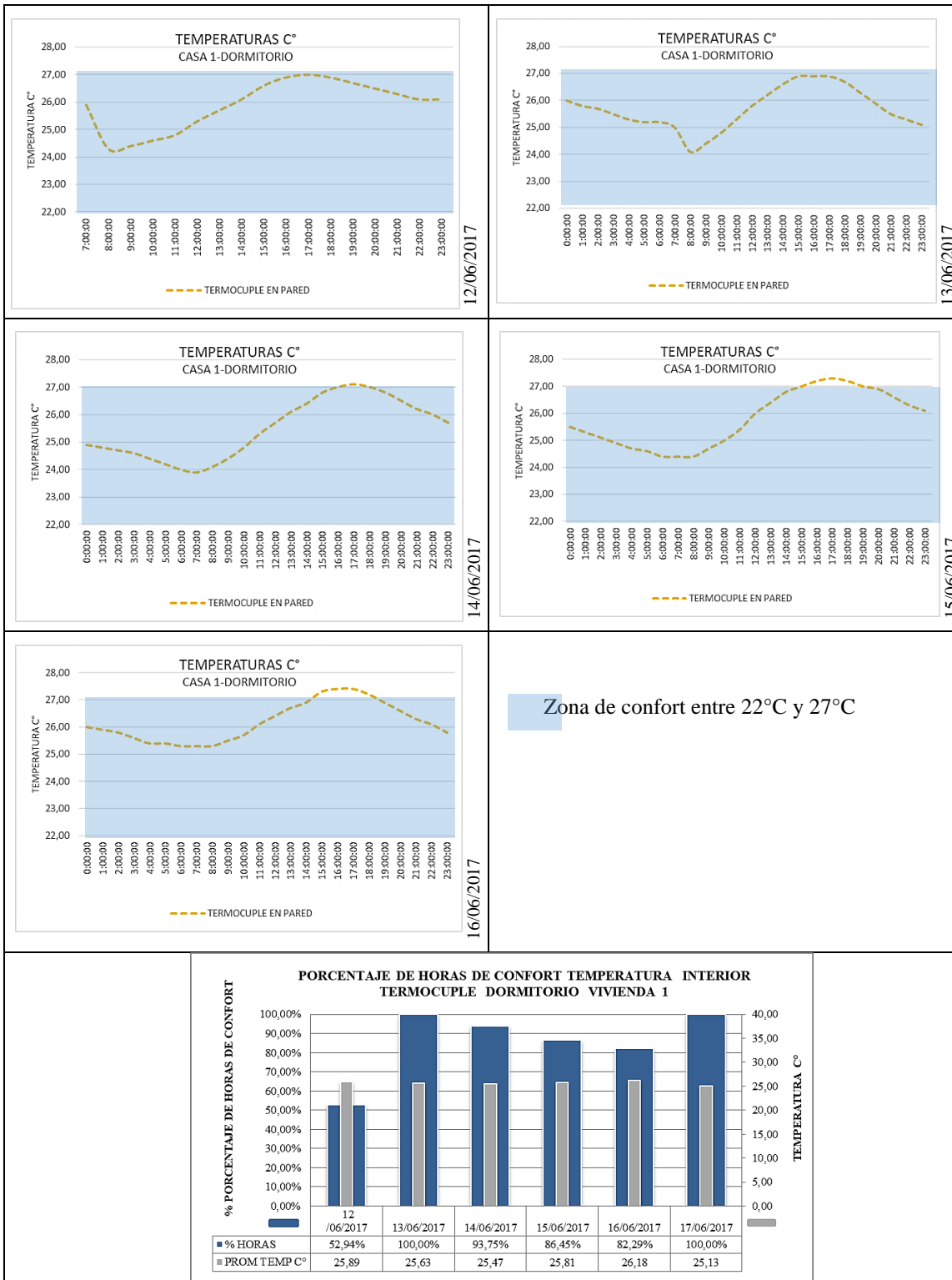
Figura 29. Registro de temperatura diaria interior del techo y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior del techo en el dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017

Temperatura interior de la materialidad de la envolvente vertical (termocuple) vivienda 1

Como se observa en el Figura 30 la envolvente vertical en su materialidad mantiene un patrón constante diario en el registro de sus temperaturas, el único día que tiene una variación es el martes 13/06/2017 entre las 3:00AM hasta las 7:00AM donde las temperaturas están sobre los 25°C y la temperatura exterior registra en este periodo una temperatura constante entre 22°C y 23°C, lo que determina una ganancia térmica menor que la temperatura interior de la habitación y mayor en relación con la temperatura exterior.

Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior de la materialidad (termocuple) de la pared del dormitorio vivienda, la mayor parte del tiempo muestran dentro de la zona de confort llegando a tener más del 80% de horas de confort, con excepción del día lunes como ya se explicó anteriormente no se registraron las temperaturas las 24 horas. Hay que considerar las variaciones de temperatura interna y externa en el dormitorio para el comportamiento térmico de la envolvente que varía con +1 °C con la temperatura exterior y -1 °C con la temperatura interior, esta transferencia

de calor desde el exterior al interior es por la inercia térmica y por conducción propia de la envolvente.



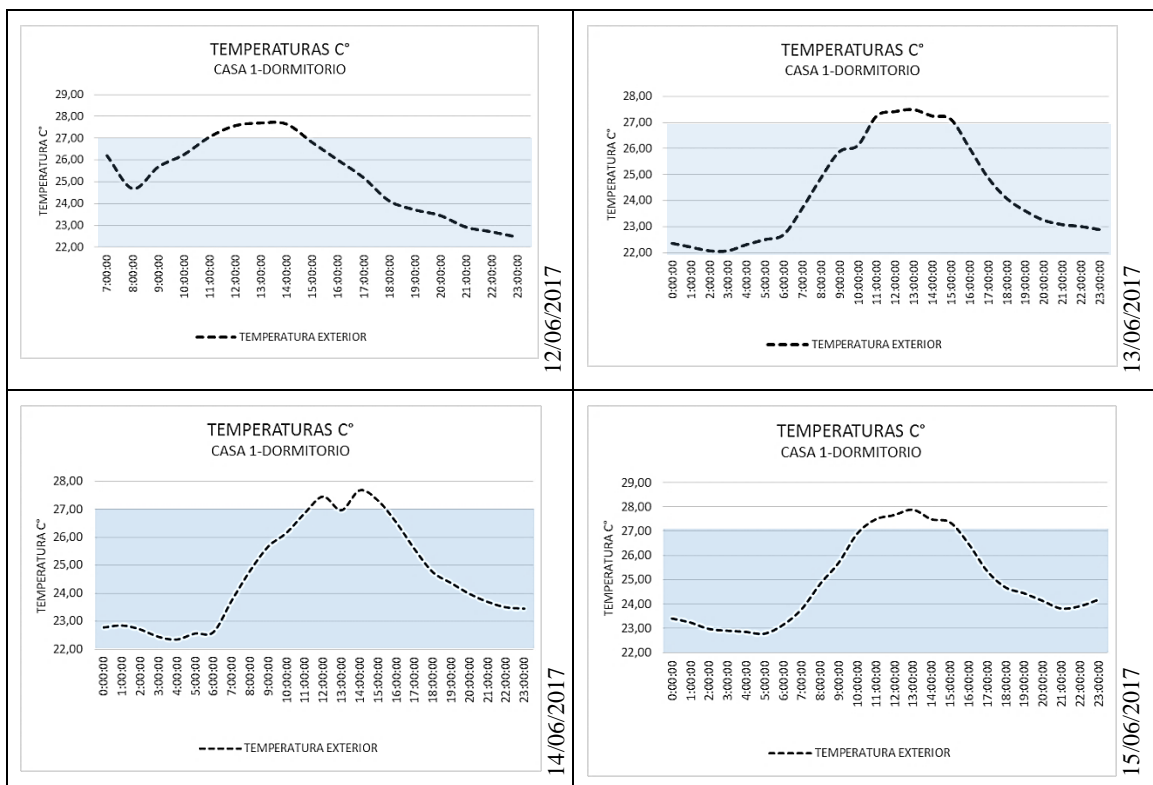
% HORAS = # total de tiempo dentro de la zona de confort / # de medidas diarias registradas in-situ (96 registros)

Figura 30. Registro de temperatura diarias interior de la materialidad de la envolvente vertical (termocuple) y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior de la materialidad (termocuple) de la pared del dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017

Temperatura exterior dormitorio vivienda 1

En el figura 31 se observa la curvatura de la temperatura exterior dentro de la franja de confort, mostrando una situación térmica exterior favorable, las únicas horas en que las temperaturas alcanzan picos desfavorables son alrededor de las 11:00 AM y las 13:00 PM aproximadamente.

Los datos de la temperatura exterior registrados en la envolvente sur determinaron un alto porcentaje de horas dentro de la zona de confort superando el 80%, sin sobrepasar los 27°C de temperatura promedio registradas con los dispositivos de medición, estas temperaturas son suaves y consideradas confortables de acuerdo a Olgay (1998). Debido a la orientación sur de la envolvente que no recibe el impacto directo de la radiación solar en esta época del año, la existencia de vegetación alta en el patio posterior que permite los efectos de sombra, además que las hojas de los árboles absorben la radiación y generan el proceso de evapotranspiración enfriando el ambiente y bajando la temperatura. Otro variable importante es la presencia de los vientos predominantes desde el sur permitiendo que la temperatura exterior este dentro de los rangos de confort. (Figura 31)



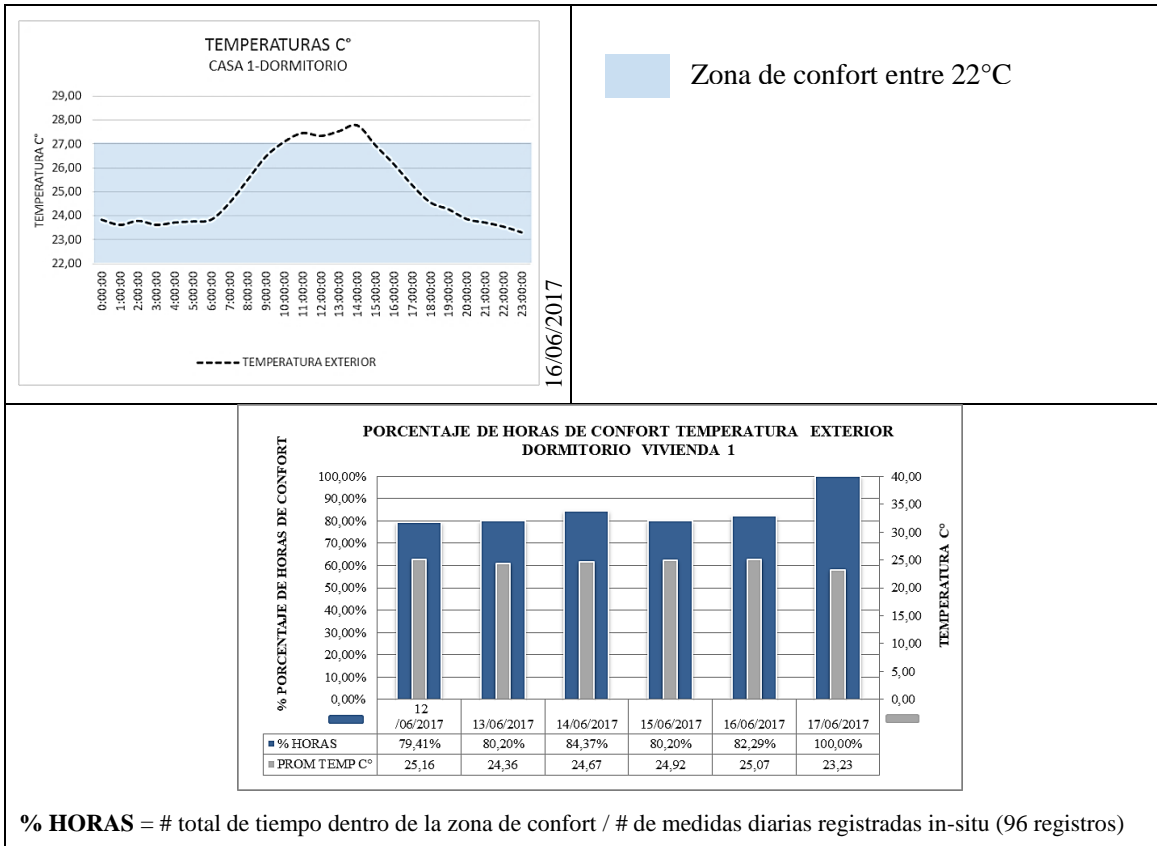


Figura 31 Registro de temperatura diarias exterior y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura exterior del dormitorio vivienda 1. Elaboración propia 2017.

En el Figura 32 se observan los valores de las temperaturas horarias diarias internas y externas de los 6 días de medición en la envolvente sur del dormitorio, donde la oscilación de temperaturas externas tiene una variación alrededor de los 5°C durante el día, siendo constante el aumento de temperatura durante el horario comprendido entre las 08:00 horas hasta la 16:00 horas, para luego descender entre las 17:00 horas y las 7:00 horas, esta variación de temperatura está condicionada en la alta o baja incidencia de la radiación solar indirecta que estuvo expuesta la fachada sur en los días de la medición, hay que considerar también las condiciones micro-climáticas del entorno.

En cambio las temperaturas interiores registradas los mismos días de las mediciones se mantuvieron constantes con una diferencia de oscilación de 2°C siendo esta menor que la exterior, la franja horaria donde la temperatura interna alcanza sus valores altos y medios fue entre las 16:00 horas hasta las 3:00 horas contraria a la temperatura exterior, dejando las temperaturas interiores alrededor de 6 horas fuera de la zona de confort, esta diferencia de la variación de temperatura interna y externa está justificada por el comportamiento térmico del sistema constructivo a la transferencia del calor por conducción a través de la envolvente y la inercia térmica, esto permite que la envolvente en el día guarde calor y

en la noche lo expulse, manteniendo temperaturas más altas al interior del dormitorio con un promedio de 8 horas fuera de la franja de confort que las temperaturas externas que llegan a tener un promedio de 5 horas fuera de confort, las que es pueden ser disminuidas con ventilación nocturna.

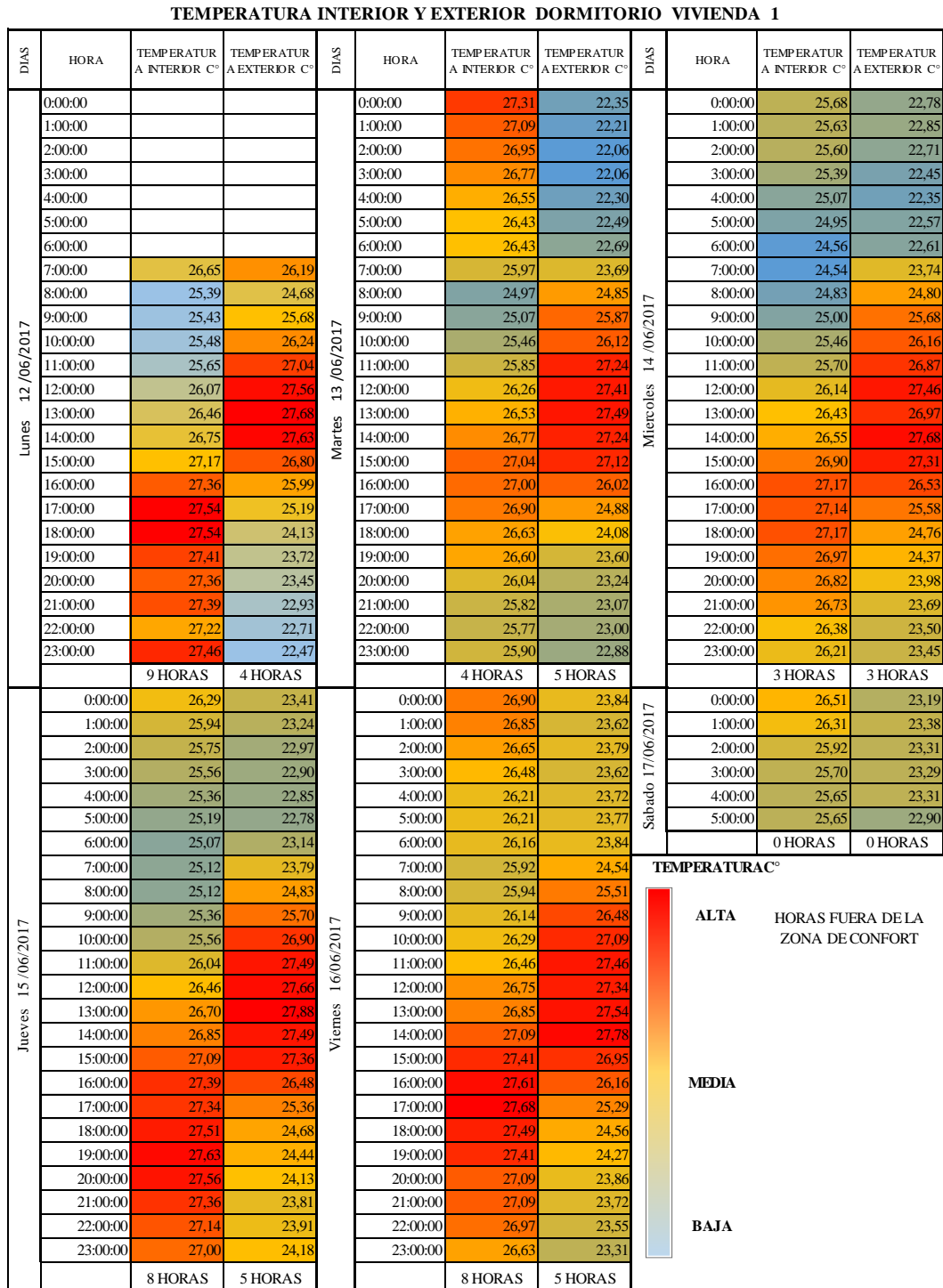


Figura 32. Análisis por hora de la temperatura interior y exterior en el dormitorio de la vivienda 1, categorización de rangos de temperatura alta media y baja por hora. Elaboración propia 2017

Con los valores registrados cada 15 minutos durante los días de mediciones, se obtuvo como base de comparación un cuadro de temperaturas de las que se tomaron los valores máximos y mínimos diarios de temperaturas internas y externas dando como resultado promedio de amplitud térmica de la temperatura interna y de la envolvente de 2,14°C y de 2,47°C simultáneamente, lo que indica un comportamiento térmico de la envolvente donde la masa permite la acumulación del calor para amortiguar el paso térmico al interior y mantener el ambiente estable y dentro de la zona de confort durante el mayor tiempo del día, en cambio la amplitud externa fue de 4,55°C como promedio debido a las características ambientales exteriores especialmente la radiación solar difusa, los vientos, la sombra y el microclima, dando una diferencia de 3°C entre las dos amplitudes, en cambio la amplitud térmica en el techo es de 3,60°C de promedio. (Tabla 14)

Tabla 14. Análisis de la amplitud térmica de la temperatura interior y exterior del dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017

(AT) AMPLITUD TERMICA VIVIENDA 1 DOMITORIO												
FECHA	TEMPERATURA INTERIOR			TEMPERATURA EXTERIOR			TEMPERATURA TERMOCUPLE-PARED			TEMPERATURA TECHO		
	MAX C°	MIN C°	AT C°	MAX C°	MIN C°	AT C°	MAX C°	MIN C°	AT C°	MAX C°	MIN C°	AT C°
06/12/2017	27,54	25,39	2,15	27,81	22,30	5,51	27,00	24,20	2,80	29,72	25,60	4,12
06/13/2017	27,31	24,97	2,34	27,73	21,97	5,77	26,90	24,00	2,90	28,43	25,60	2,83
06/14/2017	27,36	24,54	2,83	27,88	22,35	5,53	27,10	23,90	3,20	28,82	24,78	4,04
06/15/2017	27,66	25,05	2,61	28,03	22,78	5,25	27,30	24,40	2,90	29,55	25,43	4,11
06/16/2017	27,68	25,90	1,79	27,93	23,29	4,65	27,50	25,30	2,20	29,40	26,31	3,09
06/17/2017	26,51	25,36	1,14	23,43	22,85	0,58	25,60	24,80	0,80	29,72	26,29	3,44
PROMEDIO	27,34	25,20	2,14	27,13	22,59	4,55	26,90	24,43	2,47	29,27	25,67	3,60

De acuerdo a los valores registrados de las temperaturas internas en el dormitorio se obtuvieron como resultados sobre el 70% de horas dentro del rango de la franja de confort establecidas por la norma ISO 7730 y de ASHRAE ST 55, lo que determina considerar la inercia térmica del sistema constructivo en el análisis del comportamiento térmico de la envolvente, de acuerdo a la Tabla 15 el desfase que esta dado en un periodo de tiempo sobre la ganancia de temperatura en la envolvente vertical, constituye un promedio de 5:48:11 horas, periodo en el cual la energía acumulada en la pared se demora en pasar al interior del dormitorio.

En función de las temperaturas máximas y mínimas registradas los valores promedios para el amortiguamiento es de 0,36 y el factor de amortiguamiento de 64,30%, el tiempo de desfase de la honda térmica está dentro de los rangos aceptables ya que la temperatura

máxima interior se produce en horas de la noche por lo que se aprovecha la ventilación natural para minimizar las temperaturas internas altas.

En cambio los valores de la envolvente vertical obtenidos de las hojas de cálculo de YTONG (Tabla 5) el desfase es de 4,60 horas y el amortiguamiento de la honda térmica es de 40,99 % valores que fueron obtenidos con el espesor, la conductividad térmica, calor específico y la densidad de cada uno de los materiales que componen el envolvente, sin tomar en cuenta las temperaturas internas y externas y el microclima existente.

Tabla 15. Análisis de la inercia térmica de la envolvente en el dormitorio de la vivienda 1 (Anexo 4). Elaboración propia 2017

INERCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE VERTICAL VIVIENDA 1 - DORMITORIO					
	TEM MAX C° EXTERIOR	TEM MAX C° INTERIOR	DESFACE	AMORTIGUAMIENTO	FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO
HORA	11:51:00	18:06:56	6:15:56		
6/12/2017	27,81	27,54		0,31	69,06%
HORA	11:51:56	18:21:56	6:30:00		
06/13/2017	27,73	27,31		0,30	69,73%
HORA	13:36:56	18:36:56	5:00:00		
06/14/2017	27,88	27,36		0,43	57,01%
HORA	12:36:56	19:36:56	7:00:00		
06/15/2017	28,03	27,66		0,42	57,88%
HORA	12:51:56	17:06:56	4:15:00		
06/16/2017	27,93	27,68		0,32	67,83%
PROMEDIO			5:48:11	0,36	64,30%

Resultados de humedad relativa y temperatura interior de la sala en la vivienda 1.

Los resultados obtenidos de las mediciones durante los 6 días de monitoreo, suministraron un registro promedio de temperatura interna máxima de 29,72°C, mínima de 26,92°C y promedio de humedades relativas internas de máxima 77,41%, mínima 64,36%. Los datos promedios exteriores obtenidos fueron en temperaturas máximos de 31,87°C, mínima 25,46°C y para las humedades relativas un promedio de máxima 87,81% y mínima 66,64%. De acuerdo a desempeño mínimo recomendado las temperaturas internas y externas la cumplen ($T_i. Max \leq T_e. Max$) (Netto, 2016). (Tabla 16).

Tabla 16. Registro de temperaturas máximas y mínimas durante los 6 días de monitoreo de la sala de la vivienda 1. Elaboración propia 2017

VIVIENDA 1 SALA								
DIAS	INTERIOR				EXTERIOR			
	TEMPERATURA C°		HUMEDAD RELATIVA %		TEMPERATURA C°		HUMEDAD RELATIVA %	
	MAX C°	MIN C°	MAX %	MIN %	MAX C°	MIN C°	MAX %	MIN %
6/12/2017	29,92	28,18	69,14	62,09	33,20	26,40	85,06	55,02
06/13/2017	29,87	27,04	82,80	63,93	32,70	24,98	87,86	63,09
06/14/2017	29,37	26,36	80,51	67,37	32,40	25,00	90,17	64,04
06/15/2017	29,50	26,05	80,57	65,26	32,90	24,95	91,11	61,90
06/16/2017	29,95	26,95	75,84	60,24	33,00	26,13	85,91	61,54
06/17/2017	29,72	26,92	75,62	67,28	27,00	25,30	86,72	82,62
PROMEDIO	29,72	26,92	77,41	64,36	31,87	25,46	87,81	66,64

Análisis comparativo de la Humedad Relativa interior y exterior de la sala de la vivienda 1

En el Figura 33 se presenta el comportamiento térmico de la humedad relativa del interior, exterior, techo y la envolvente de la sala, registrándose dentro de la zona de confort de acuerdo a ASHRAE ST 55 y a la ISO 7730 que determina la franja entre los 30% y 70%, se aprecia algunos picos altos que salen de la zona de confort en horas de la madrugada especialmente las humedad relativa del interior y exterior, estos resultados son muy contrario a las mediciones de humedad relativa del dormitorio de la misma vivienda, consecuencia de la directa exposición de la envolvente a la radiación solar y la poca ventilación que existente en la sala , ya que los ocupantes de la vivienda no abrían las ventanas por el ruido generado en la vía que es la principal arteria vehicular de la población, y para evitar el ingreso de los animales (gatos) del sector, además hay que considerar las actividades que se realizan al interior de la vivienda, cabe mencionar que la cocina es abierta y comparten espacios con la sala y el comedor (Anexo 5).

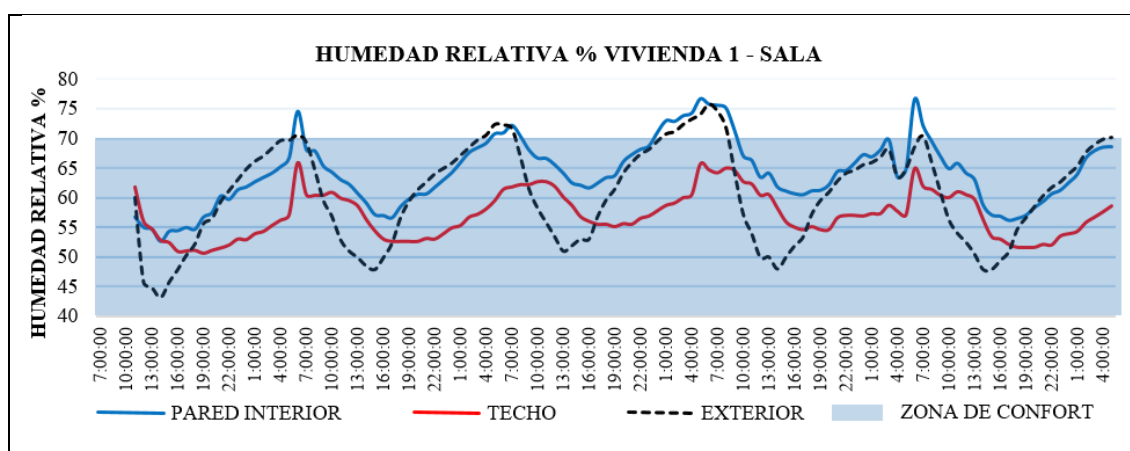


Figura 33. Resumen de mediciones de Humedades Relativas diarias en la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017

El figura 34 indica el análisis comparativo entre el porcentaje de horas de confort y el promedio de humedad relativa interior de la sala, donde los resultados están dentro de la zona de confort oscilando entre el 80% y el 100%, con un promedio del 56,56% humedad relativa al 67,68% siendo este último valor promedio el día jueves 15/06/2017, donde la temperatura interior en la sala fue la menos alta registrada en ese día.

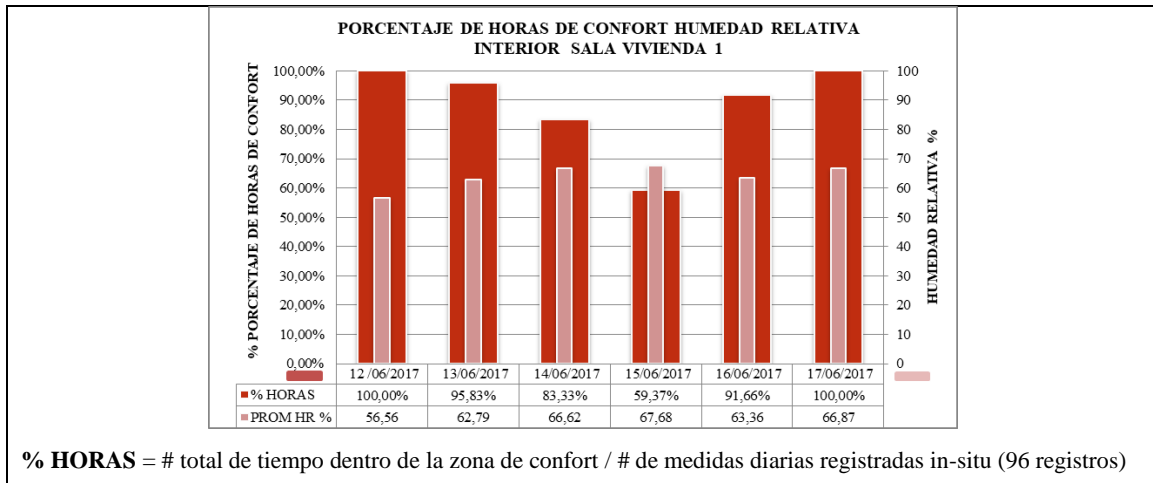


Figura 34. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior sala vivienda 1. Elaboración propia 2017.

De acuerdo al figura 35 los datos de la humedad relativa en el techo los 6 días de mediciones se encuentran en el 100% en la zona de confort y el promedio de la humedad relativa no sobrepasa el 60%, datos que son el resultado de las condiciones térmicas de la envolvente horizontal, producto la alta radiación solar que incide directamente sobre esta superficie y la falta de ventilación, hace que el aire interior tenga la humedad en esos rangos.

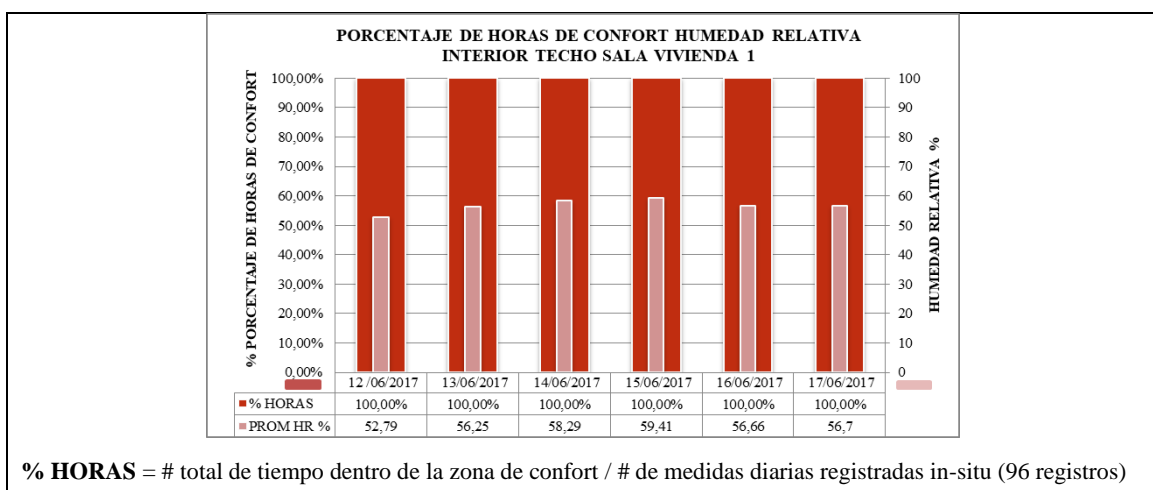
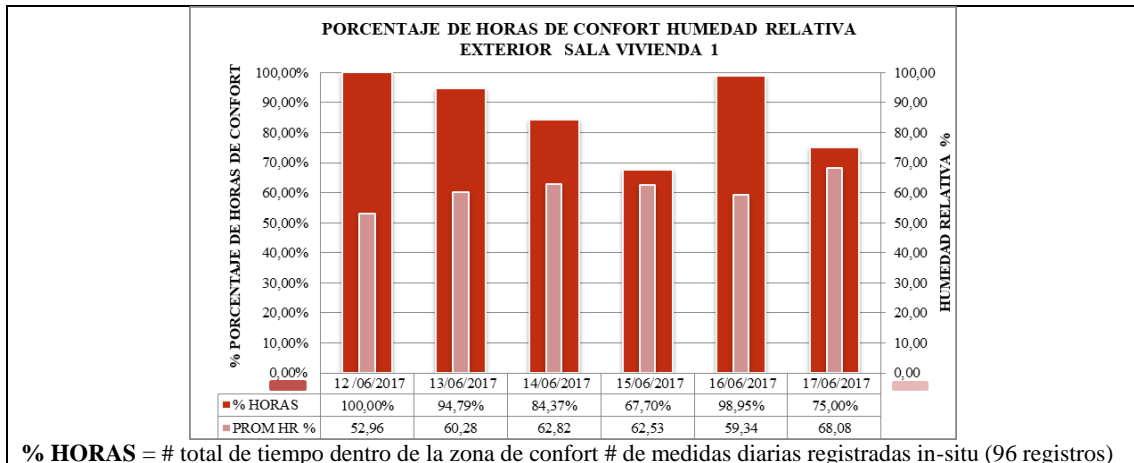


Figura 35. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior techo sala vivienda 1. Elaboración propia 2017.

En la Figura 36 la humedad relativa exterior la mayoría del tiempo se encuentra dentro de la zona de confort, marcando valores sobre el 60% de horas de confort, con un

promedio del máximo del 68,08% humedad relativa y mínimo del 52,96% humedad relativa, contrario a los registros de la envolvente del dormitorio sur, esta pared recibe directamente la radiación solar y su entorno exterior está vinculado directamente con la vía principal careciendo significativamente de vegetación y sombra.



% HORAS = # total de tiempo dentro de la zona de confort # de medidas diarias registradas in-situ (96 registros)

Figura 36. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa exterior sala vivienda 1. Elaboración propia 2017.

Análisis comparativo de la Temperatura interior y exterior de la sala de la vivienda 1

La Figura 37 muestra la evolución de las temperaturas en la envolvente vertical de la sala dando un comportamiento térmico desfavorable donde todas las curvas de temperatura están fuera de la zona de confort, muy contrario a la fachada sur, esta recibe directamente la radiación solar, esta condición induce a la subida de temperatura en el interior de la vivienda (sala).

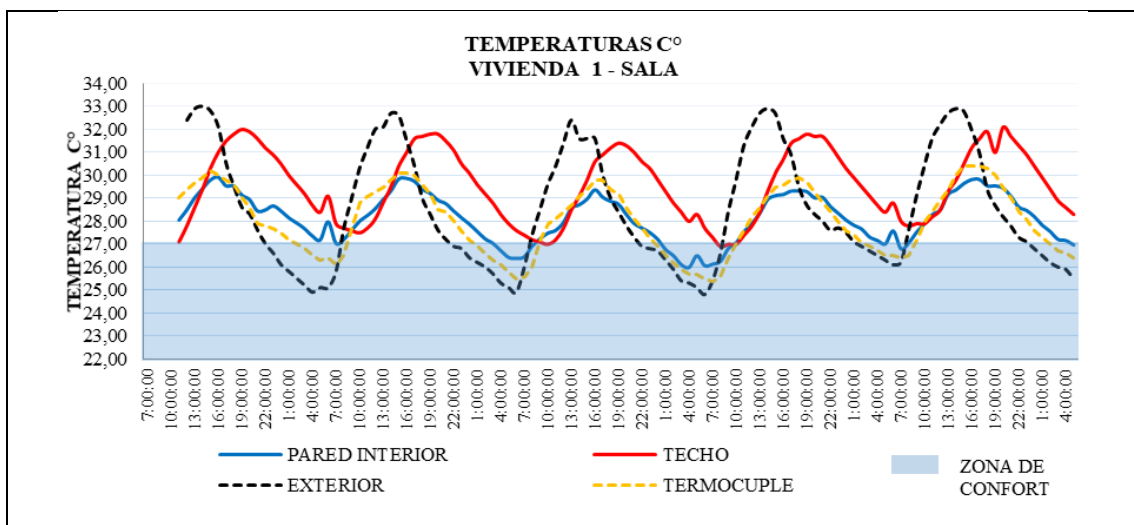


Figura 37. Valores de la temperatura en la envolvente norte de la sala vivienda 1 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017

Las condiciones exteriores micro climáticas y del entorno permiten que las variaciones de temperatura externas e internas sean diferentes produciendo periodos que se repiten diariamente en el aumento o disminución de temperaturas hacia el interior de la sala, ocasionada por la transmisión de calor sea esta por convección o inercia térmica. La condición más importante para que suceda el aumento de las temperaturas interiores es la radiación solar directa sobre la fachada norte. (Figura 38)

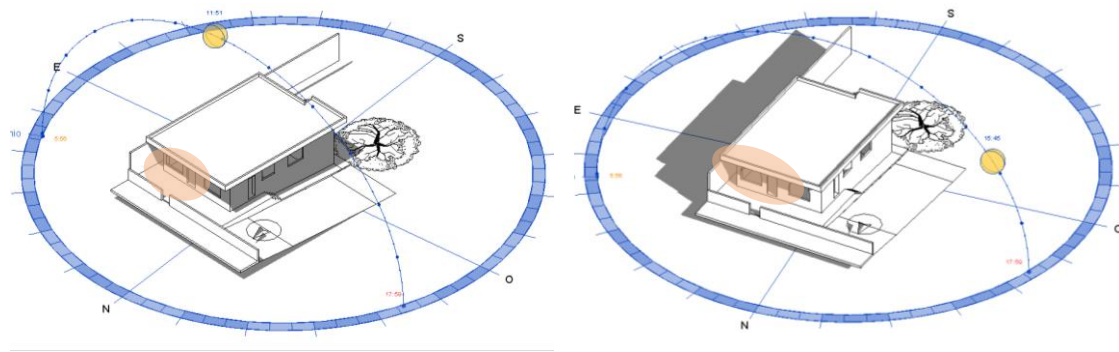


Figura 38. Asoleamiento sobre la vivienda 1, radiación directa sobre la envolvente (pared) norte y la cubierta. Elaboración propia 2017

Temperatura interior sala vivienda 1

La orientación de la casa permite que el aporte solar directo ingrese al interior de la vivienda a través de la pared y por las ventanas, además que la sala es compartida con la cocina y el comedor, esta situación hace que este espacio se encuentre la mayor parte del tiempo fuera de la zona de confort, con temperaturas sobre los 27°C las únicas horas donde la temperatura están bajo los 27°C son en horas de la madrugada en los días martes y jueves.

De acuerdo al porcentaje de horas de confort en la envolvente de la sala los resultados son desfavorables no superando el 40% de horas, consecuencia de lo expresado anteriormente y sumado la falta de sombra y vegetación, además de estar frente a un entorno duro y sin vegetación permite que la temperatura exterior influya en el comportamiento térmico de la envolvente (Figura 39).

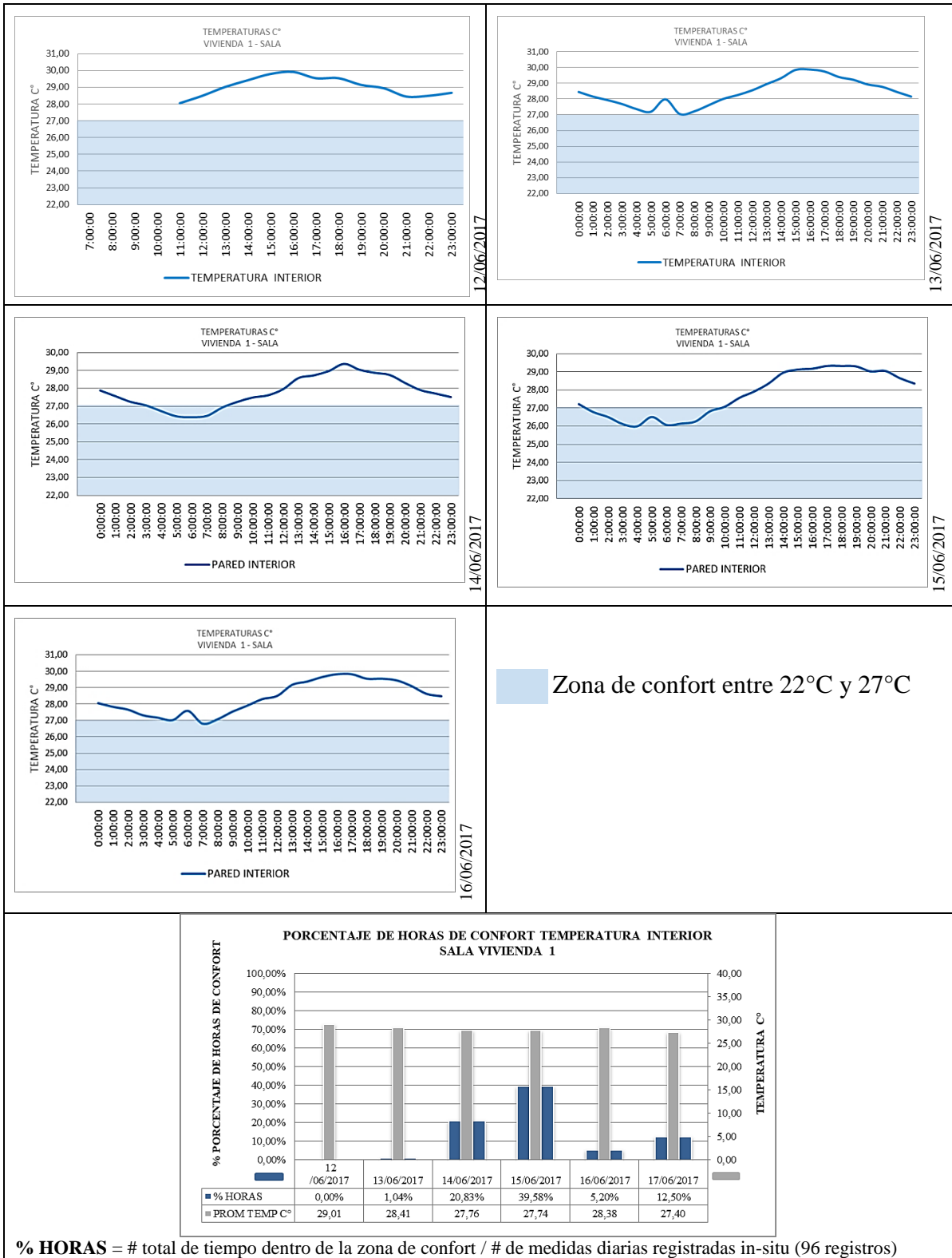


Figura 39. Registro de temperatura interior diaria en la sala y franja de confort. Analisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017.

Temperatura interior techo vivienda 1

El techo por ser el elemento constructivo sin sombra, está expuesto a recibir la mayor parte de la energía infrarroja radiante del sol por la trayectoria solar en el Ecuador, en el

grafico siguiente se ilustra el resultado de la trasmisión del calor hacia el interior de la sala con valores altos y fuera de confort oscilando entre los 30,50°C como temperatura máxima promedio y 29,12°C como temperatura mínima promedio. En cuanto a las horas de confort el porcentaje es muy bajo entre 0% hasta el 10,41%. (Figura 40)

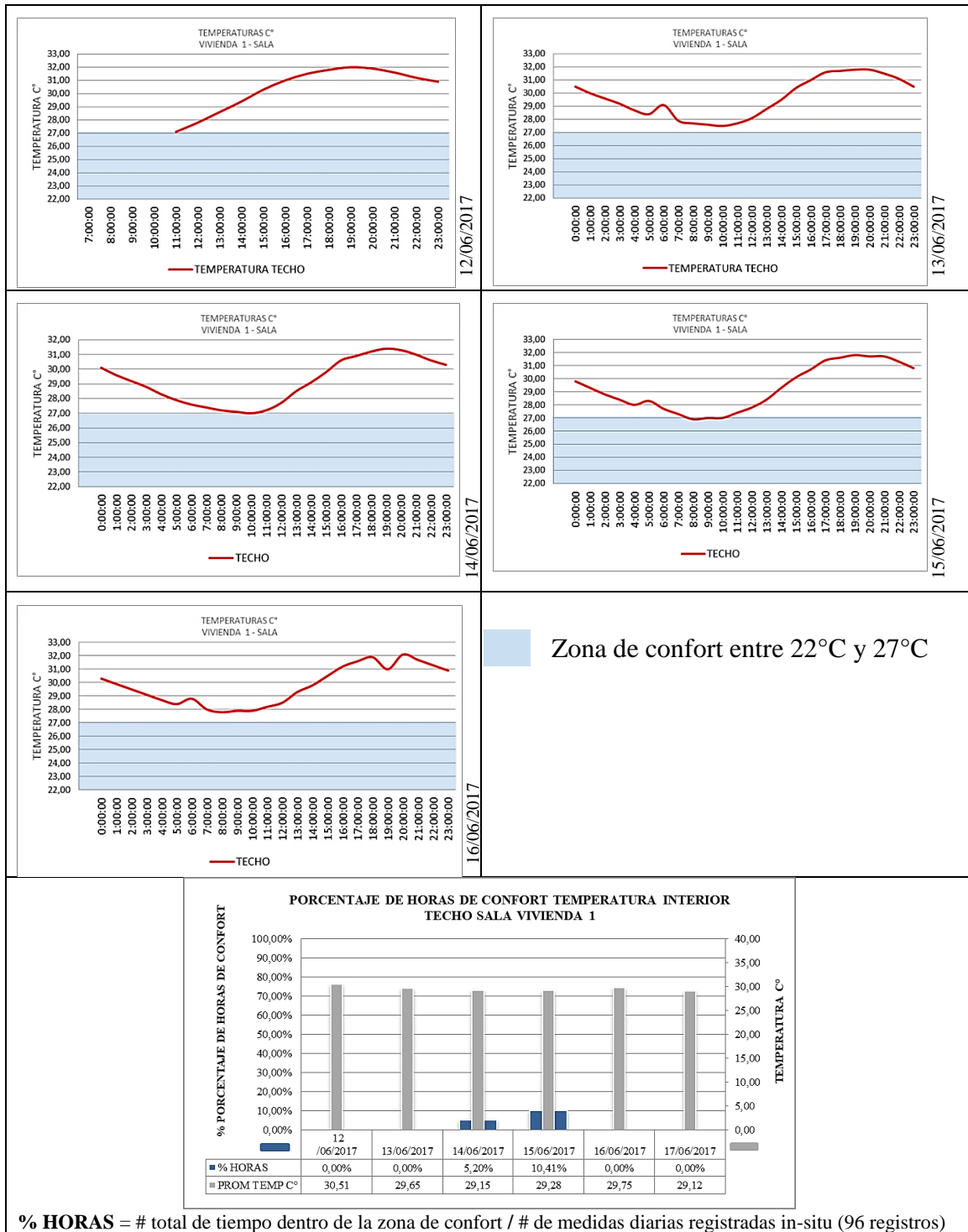
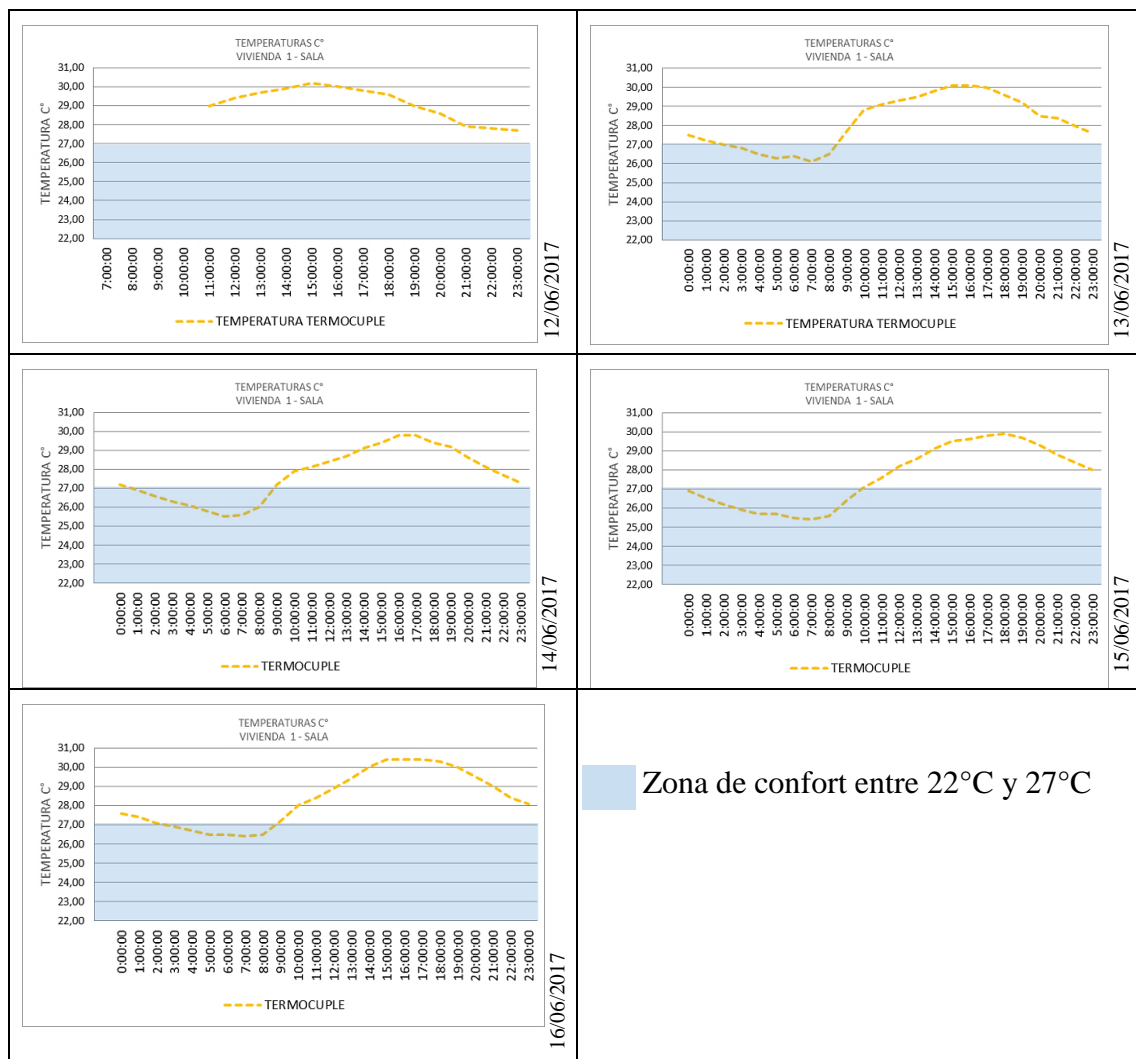
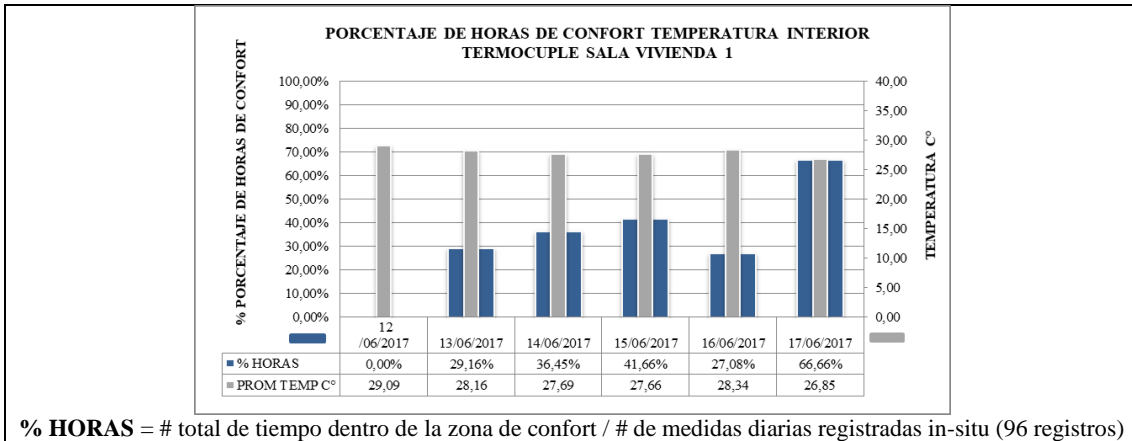


Figura 40. Registro de temperatura interior diaria en el techo sala y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior techo de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017.

Temperatura interior de la materialidad de la envolvente vertical de la sala (termocuple) vivienda 1

Como se observa en la Figura 41, la evolución de la temperatura interior de la materialidad de la envolvente vertical de la sala se mantiene fuera de la franja de confort durante el día, a partir de las 0:00 horas hasta las 8:00 horas aproximadamente la curvatura de la temperatura analizada se encuentra en la franja de confort. Las condiciones térmicas de la habitación sumada al comportamiento térmico de la envolvente por la inercia térmica provocada por las características ambientales externas y la radiación solar que incidente sobre la fachada causan el aumento de energía sobre la envolvente interior resultando un porcentaje de horas de confort desde 0% hasta el 66,66% y con promedios de temperatura máxima 29,09°C y 26,85°C de temperatura promedio mínima.



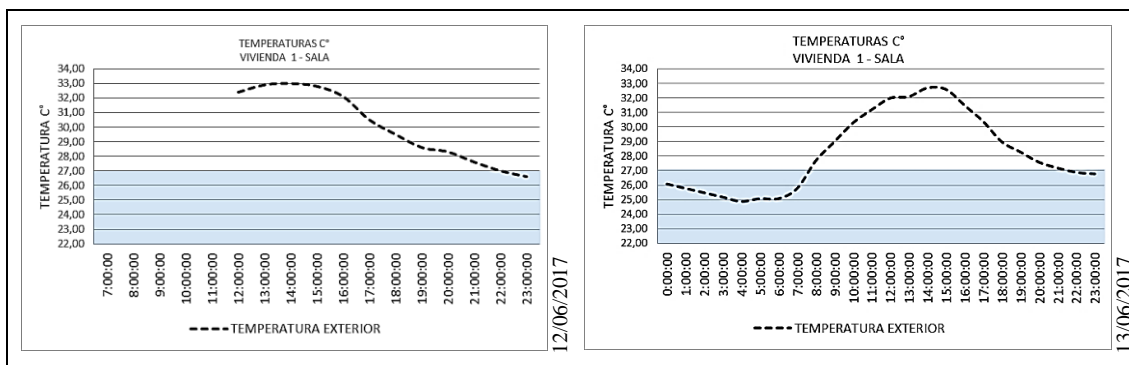


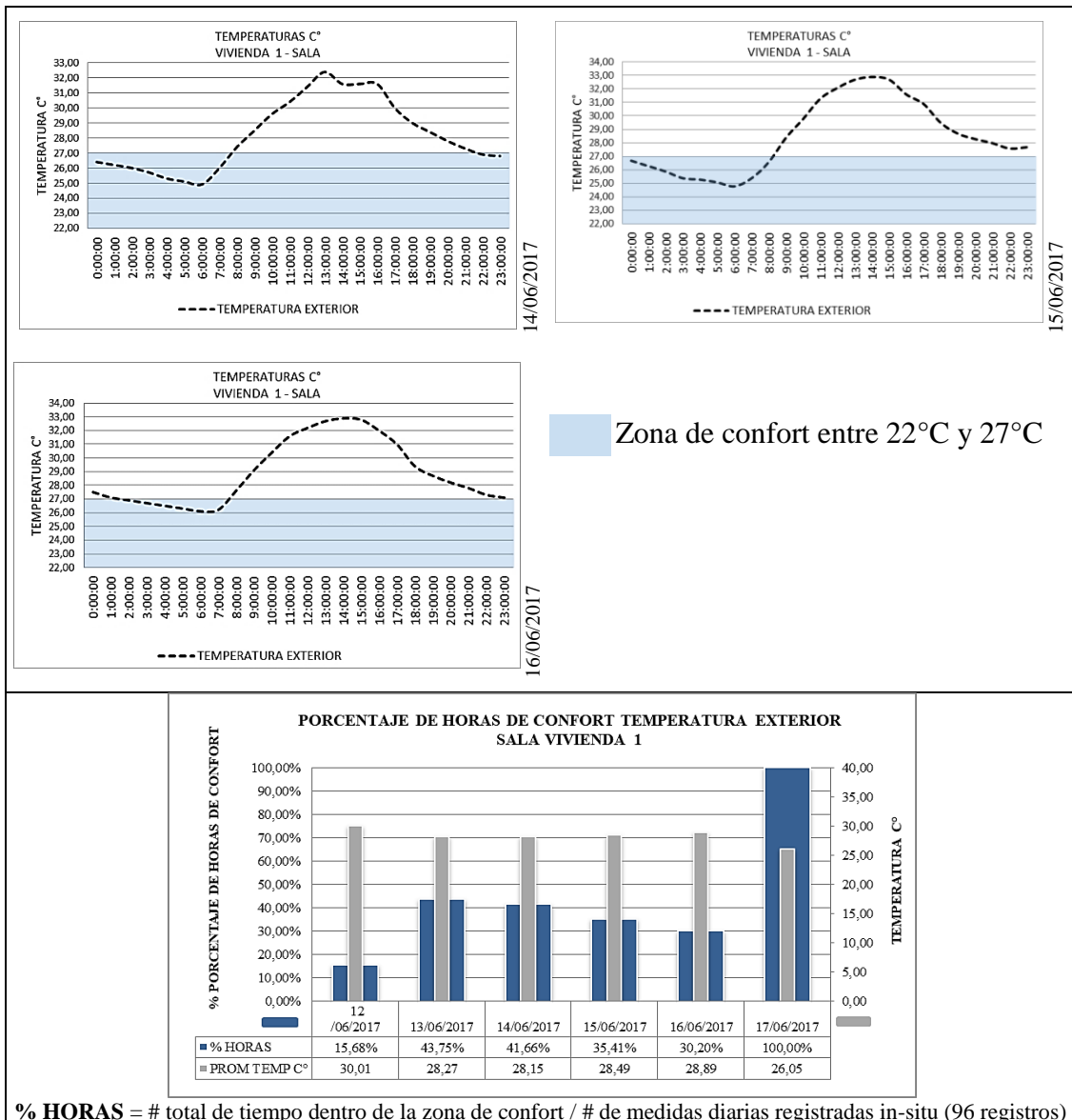
% HORAS = # total de tiempo dentro de la zona de confort / # de medidas diarias registradas in-situ (96 registros)

Figura 41. Registro de temperatura interior diaria de la materialidad de la envolvente vertical (termocuple) sala y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior de la materialidad de la envolvente vertical de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017.

Temperatura exterior sala vivienda 1

Las temperaturas exteriores registradas por el dispositivo bajo el techo y a la sombra corresponden a una curva cíclica de 24 horas con algunas pequeñas variaciones en el horario de la tarde los días martes 13 de junio y jueves 14 de junio alcanzando temperaturas sobre los 33°C, mientras que las temperaturas mínimas exteriores llegaron hasta los 24,80°C. Se puede notar claramente que la radiación solar es la principal causa que afecta en el comportamiento térmico de la envolvente calentando considerablemente el aire, además la orientación y el emplazamiento urbano de la fachada frontal rodeada de pavimento hormigón y asfalto, cuya trasmisión del calor aumenta la temperatura. El porcentaje de horas de confort en la envolvente norte no supera el 50%, excepto el día sábado 17 de junio cuyas medidas no se completaron, por lo que no se consideró. (Figura 42)





% HORAS = # total de tiempo dentro de la zona de confort / # de medidas diarias registradas in-situ (96 registros)

Figura 42. Registro de temperatura exterior diaria sala y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de temperatura exterior de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017.

En el Figura 43, se muestran las temperaturas horarias internas y externas de las mediciones in-situ en la envolvente norte sala en los 6 días de la toma de las muestras, la evolución de las temperaturas internas muestran un comportamiento cíclico donde las temperaturas altas transcurren entre las 12:00 horas y las 22:00 horas y el resto de las horas en el día se producen temperaturas medias y algunas horas se presentan temperaturas entre los 24°C y los 26°C, dejando las temperaturas alrededor de 16 horas fuera de la zona de confort. En cambio los valores de la temperatura exterior varían diferente, alcanzado valores altos sobre los 30°C en el horario desde la 9:00 horas hasta las 18:00 horas.

Hay que considerar que la envolvente vertical de la sala es de las mismas características del envolvente del dormitorio, pero su comportamiento térmico es diferente debido a las

condiciones externas como la radiación solar directa, la ausencia de sombra y vegetación en la fachada, también debemos considerar las actividades que se realizan dentro de las habitaciones.

TEMPERATURA INTERIOR Y EXTERIOR SALA VIVIENDA 1

DIAS	HORA	TEMPERATUR A INTERIOR C°	TEMPERATUR A EXTERIOR C°	DIAS	HORA	TEMPERATUR A INTERIOR C°	TEMPERATUR A EXTERIOR C°	DIAS	HORA	TEMPERATUR A INTERIOR C°	TEMPERATUR A EXTERIOR C°		
Lunes 12 /06/2017	0:00:00			Martes 13 /06/2017	0:00:00	28,45	26,10	Miércoles 14 /06/2017	0:00:00	27,88	26,40		
	1:00:00				1:00:00	28,15	25,80		1:00:00	27,56	26,20		
	2:00:00				2:00:00	27,93	25,50		2:00:00	27,24	26,00		
	3:00:00				3:00:00	27,68	25,20		3:00:00	27,04	25,70		
	4:00:00				4:00:00	27,36	24,90		4:00:00	26,73	25,30		
	5:00:00				5:00:00	27,19	25,10		5:00:00	26,43	25,10		
	6:00:00				6:00:00	27,98	25,10		6:00:00	26,38	24,90		
	7:00:00				7:00:00	27,04	25,80		7:00:00	26,46	26,00		
	8:00:00				8:00:00	27,22	27,70		8:00:00	26,92	27,40		
	9:00:00				9:00:00	27,61	29,00		9:00:00	27,24	28,50		
	10:00:00				10:00:00	28,00	30,30		10:00:00	27,49	29,60		
	11:00:00	28,05	32,30		11:00:00	28,25	31,20		11:00:00	27,61	30,40		
	12:00:00	28,50	32,40		12:00:00	28,55	32,00		12:00:00	27,96	31,40		
	13:00:00	29,02	32,90		13:00:00	28,95	32,10		13:00:00	28,57	32,40		
	14:00:00	29,42	33,00		14:00:00	29,32	32,70		14:00:00	28,72	31,60		
	15:00:00	29,80	32,80		15:00:00	29,85	32,60		15:00:00	28,97	31,60		
	16:00:00	29,92	32,10		16:00:00	29,87	31,50		16:00:00	29,37	31,60		
	17:00:00	29,55	30,50		17:00:00	29,75	30,40		17:00:00	29,05	30,00		
	18:00:00	29,55	29,50		18:00:00	29,40	29,00		18:00:00	28,87	29,00		
	19:00:00	29,15	28,60		19:00:00	29,22	28,30		19:00:00	28,75	28,40		
	20:00:00	28,95	28,30		20:00:00	28,92	27,60		20:00:00	28,30	27,80		
	21:00:00	28,45	27,60		21:00:00	28,77	27,20		21:00:00	27,91	27,30		
	22:00:00	28,50	27,00		22:00:00	28,45	26,90		22:00:00	27,71	26,90		
	23:00:00	28,67	26,60		23:00:00	28,15	26,80		23:00:00	27,51	26,80		
	13 HORAS	11 HORAS		24 HORAS	14 HORAS		19 HORAS	14 HORAS					
Jueves 15 /06/2017	0:00:00	27,22	26,70	Viernes 16 /06/2017	0:00:00	28,05	27,50	Sabado 17 /06/2017	0:00:00	28,20	26,80		
	1:00:00	26,77	26,30		1:00:00	27,83	27,10		1:00:00	27,83	26,50		
	2:00:00	26,51	25,90		2:00:00	27,66	26,90		2:00:00	27,56	26,20		
	3:00:00	26,12	25,40		3:00:00	27,31	26,70		3:00:00	27,22	26,00		
	4:00:00	25,99	25,30		4:00:00	27,17	26,50		4:00:00	27,17	25,90		
	5:00:00	26,51	25,10		5:00:00	27,02	26,30		5:00:00	26,97	25,50		
	6:00:00	26,07	24,80		6:00:00	27,59	26,10			5 HORAS			
	7:00:00	26,14	25,40		7:00:00	26,80	26,20						
	8:00:00	26,26	26,60		8:00:00	27,07	27,60						
	9:00:00	26,82	28,40		9:00:00	27,54	29,10						
	10:00:00	27,07	29,80		10:00:00	27,91	30,40						
	11:00:00	27,56	31,30		11:00:00	28,30	31,60						
	12:00:00	27,91	32,10		12:00:00	28,50	32,20						
	13:00:00	28,35	32,70		13:00:00	29,17	32,70						
	14:00:00	28,95	32,90		14:00:00	29,37	32,90						
	15:00:00	29,12	32,70		15:00:00	29,65	32,80						
	16:00:00	29,17	31,60		16:00:00	29,82	32,00						
	17:00:00	29,32	30,90		17:00:00	29,82	31,00						
	18:00:00	29,32	29,50		18:00:00	29,55	29,40						
	19:00:00	29,30	28,70		19:00:00	29,55	28,70						
	20:00:00	29,02	28,30		20:00:00	29,45	28,20						
	21:00:00	29,05	28,00		21:00:00	29,10	27,80						
	22:00:00	28,65	27,60		22:00:00	28,62	27,30						
	23:00:00	28,35	27,70		23:00:00	28,48	27,10						
	15 HORAS	15 HORAS		23 HORAS	18 HORAS								

Figura 43 Análisis por hora de la temperatura en la sala de la vivienda 1, horas fuera de confort diarias y categorización de rangos de temperatura alta media y baja por hora. Elaboración propia 2017

En el análisis comparativo de la amplitud térmica diaria de la envolvente vertical de la sala de acuerdo a las temperaturas máximas y mínimas exteriores e interiores son reducidas, como promedio para la temperatura interior es de 2,80 °C y máxima para la temperatura exterior de 6,41°C, seguida de la amplitud térmica en el techo de 4,22 °C, estos valores difieren de la envolvente del dormitorio con 1°C y 2°C, debido a las condiciones ambientales exteriores que inciden directamente sobre la fachada frontal ya enunciadas anteriormente. (Tabla 17)

Tabla 17. Análisis de la amplitud térmica (A-T) de la envolvente de la sala en la vivienda 1. Elaboración propia 2017

(A-T) AMPLITUD TERMICA DIARIA VIVIENDA 1 SALA												
FECHA	TEMPERATURA INTERIOR			TEMPERATURA EXTERIOR			TEMPERATURA TERMOCUPLE-PARED			TEMPERATURA TECHO		
	MAX °C	MIN °C	A-T °C	MAX °C	MIN °C	A-T °C	MAX °C	MIN °C	A-T °C	MAX °C	MIN °C	A-T °C
6/12/2017	29,92	28,18	1,74	33,20	26,40	6,80	30,20	27,60	2,60	32,00	27,10	4,90
06/13/2017	29,87	27,04	2,83	32,70	24,98	7,72	30,20	26,10	4,10	31,80	27,50	4,30
06/14/2017	29,37	26,36	3,01	32,40	25,00	7,40	29,80	25,50	4,30	31,40	26,90	4,50
06/15/2017	29,50	26,05	3,45	32,90	24,95	7,95	29,90	25,40	4,50	31,90	26,90	5,00
06/16/2017	29,95	26,95	3,00	33,00	26,13	6,87	30,40	26,40	4,00	32,20	27,80	4,40
06/17/2017	29,72	26,92	2,80	27,00	25,30	1,70	27,60	26,30	1,30	30,40	28,20	2,20
PROMEDIO	29,72	26,92	2,80	31,87	25,46	6,41	29,68	26,22	3,47	31,62	27,40	4,22

La Tabla 18 indica el desfase y el amortiguamiento de la envolvente vertical norte de la sala durante los 6 días de mediciones in-situ y de acuerdo a los datos obtenidos, la elevada temperatura exterior es el resultado de la radiación solar directa y de los factores micro climáticos existentes en el emplazamiento de la vivienda, hacen que la envolvente que es parte del sistema constructivo de la vivienda 1 genere una transferencia de calor hacia el interior de la sala en un tiempo promedio de 2:38:58 horas, tiempo en el cual la energía acumulada en la pared se demora en pasar al interior a la sala, lo que sugiere un tiempo demasiado corto tanto de entrada como de salida de la energía calorífica, el amortiguamiento de 0,36 y el factor de amortiguamiento de 64,27 % son valores iguales que la envolvente vertical del dormitorio.

El desfase es un efecto de la inercia térmica de la envolvente que hace que la sala permanezca más tiempo fuera de la zona de confort esto no se puede regular solo con ventilación lo que hay que considerar otras estrategias como el sombreado y la vegetación (Anexo 4).

Tabla 18. Análisis de la inercia térmica de la envolvente de la sala en la vivienda 1 (Anexo 4). Elaboración propia 2017.

INERCIA TERMICA VIVIENDA 1 -SALA					
	TEM MAX °C EXTERIOR	TEM MAX °C INTERIOR	DEFASE	AMORTIGUAMIENTO	FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO
HORA	13:42:33	16:12:23	2:29:50		
6/12/2017	33,20	29,92		0,29	71,47%
HORA	14:42:33	16:57:33	2:15:00		
06/13/2017	32,70	29,92		0,34	65,90%
HORA	13:12:33	16:12:33	3:00:00		
06/14/2017	32,40	29,37		0,38	62,19%
HORA	13:27:33	16:42:33	3:15:00		
06/15/2017	32,90	29,50		0,40	60,09%
HORA	14:42:33	16:57:33	2:15:00		
06/16/2017	33,00	29,95		0,38	61,69%
PROMEDIO			2:38:58	0,36	64,27%

Comparación y conclusiones de la vivienda 1

Como se observa en el Figura 44 se presenta la evolución térmica de las temperaturas interiores en las dos zonas seleccionadas de la vivienda 1, donde se presentan características diferentes, a pesar de ser el mismo sistema constructivo la transferencia de calor es distinta en los dos casos, mientras que la temperatura interior en el dormitorio, la mayor parte del tiempo se encuentra en la zona de confort no sucede lo mismo con las temperaturas en la sala teniendo un comportamiento desfavorable.

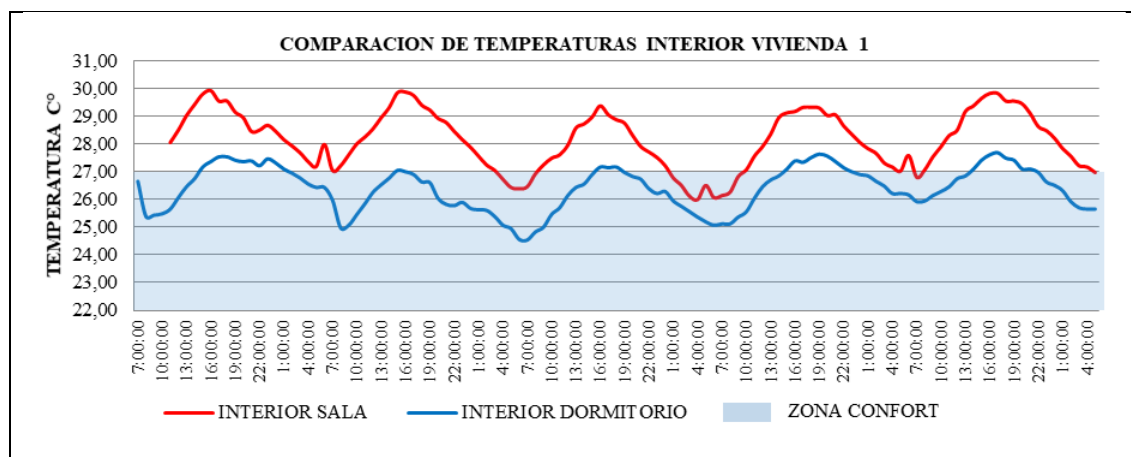


Figura 44. Análisis comparativo de temperaturas internas de la sala y el dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017.

En la gráfica siguiente se presentan en resumen los valores máximos y mínimos de las temperaturas internas de las dos habitaciones donde la mayor parte del calor generado por la radiación solar es captado por la envolvente vertical de la sala generando temperatura sobre los 29°C mientras que el interior del dormitorio las temperaturas no alcanzan los

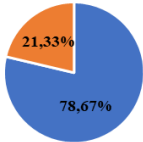
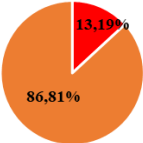
28°C, dando una diferencia de temperatura de 2,38°C máximo y como mínimo 1,72°C (Figura 45)

COMPARACION DE TEMPERATURA INTERIOR VIVIENDA 1				
	DORMITORIO		SALA	
	TEMPERATURA C°		TEMPERATURA C°	
FECHA	MAX C°	MIN C°	MAX C°	MIN C°
6/12/2017	27,54	25,39	29,92	28,18
06/13/2017	27,31	24,97	29,87	27,04
06/14/2017	27,36	24,54	29,37	26,36
06/15/2017	27,66	25,05	29,50	26,05
06/16/2017	27,68	25,90	29,95	26,95
06/17/2017	26,51	25,36	29,72	26,92
PROMEDIO	27,34	25,20	29,72	26,92

Figura 45. Comparación numérica de temperaturas interiores del dormitorio y sala vivienda 1. Elaboración propia 2017.

Como resumen comparativo vemos que el mejor comportamiento térmico se dan en la envolvente sur del dormitorio con un 76,52% de horas de confort frente a 13,19%, donde sus propiedades térmicas fueron controladas gracias a las condiciones externas resultado de una exposición indirecta de la radiación solar, la existencia de vegetación que proporcione sombra y la propiedad de la evapotranspiración manteniendo fresco el lugar y la existencia de los viento predominantes del sur logrando una adecuada ventilación. (Tabla 19)

Tabla 19. Análisis cualitativo del porcentaje de horas de confort interior del dormitorio y la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017

PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT INTERIOR DORMITORIO	SIN CONFORT INTERIOR DORMITORIO	
76,52%	23,48%	
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT INTERIOR SALA	SIN CONFORT INTERIOR SALA	
13,19%	86,80%	

En la Figura 46 se observa la gráfica de comparación de temperaturas externas, como referencia se incluye la temperatura exterior de Puerto Baquerizo Moreno tomadas en los días de las mediciones de METEOBLUE, en el análisis comparativo de las temperaturas exteriores de la vivienda 1, se observa el comportamiento térmico de la envolvente y de las condiciones exteriores de las temperaturas exterior y del ambiente (exterior estación meteorológica) están dentro de la zona de confort alcanzando algunos picos en su

curvatura los días miércoles 14 y el jueves 15 de junio pasado el mediodía , mientras que la temperatura exterior de la sala la mayoría del tiempo está fuera de la zona de confort alcanzando temperaturas en el mismo horario del medio día sobre los 30°C, debido a las condiciones externas que afectan al comportamiento de las temperaturas del aire exterior y de las envolventes.

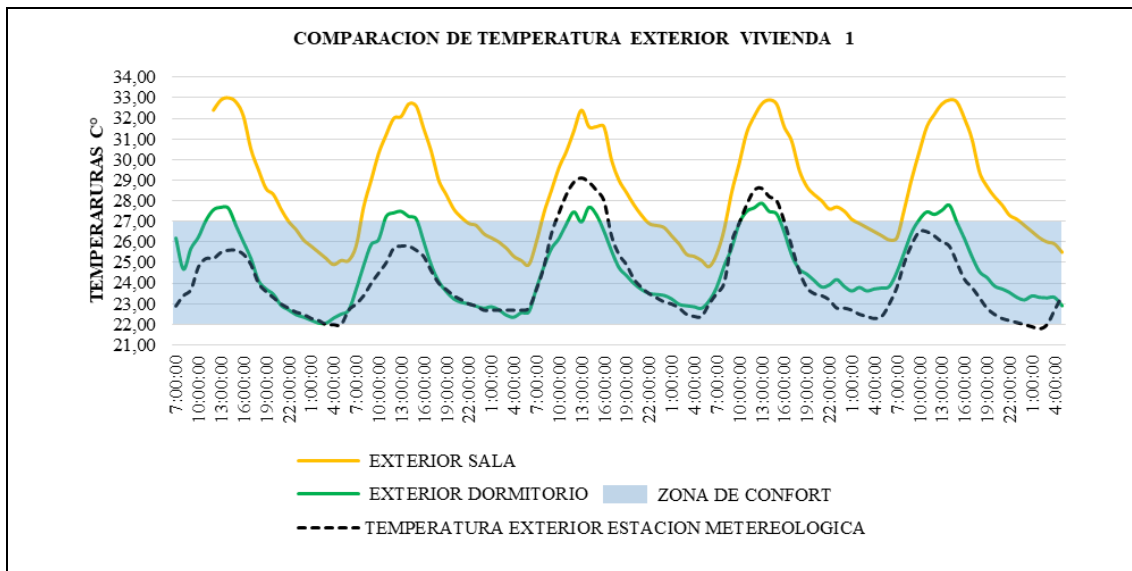


Figura 46. Análisis comparativo de temperaturas exteriores de la sala y el dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017.

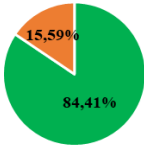
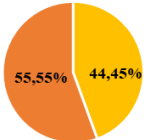
En la Figura 47 se muestran cuantitativamente los valores promedios diarios de las temperaturas exteriores máximas y mínimas en el dormitorio y la sala de la vivienda1 y las temperaturas ambiente promedio diarias. La temperatura exterior de la sala tiene una evolución mucho mayor encontrándose por encima de la zona de confort, que las temperaturas exteriores del dormitorio y de temperaturas exterior ambiente (meteroblue), con una diferencia de 4,73°C y de 5,27°C como promedio de las temperaturas exteriores máximas respectivamente, en cambio el rango de diferencia de las temperaturas exteriores mínimas van de 2°C a 3°C. Con este análisis hay que considerar minimizar la elevada radiación solar sobre la envolvente externa de la sala, la cual se podría corregir con sombra y una adecuada ventilación.

COMPARACION DE TEMPERATURAS EXTERIOR VIVIENDA 1						
	DORMITORIO		SALA		ESTACION METEREOLÓGICA	
	TEMPERATURA C°		TEMPERATURA C°		TEMPERATURA C°	
FECHA	MAX C°	MIN C°	MAX C°	MIN C°	MAX C°	MIN C°
6/12/2017	27,81	22,30	33,20	26,40	25,60	22,60
06/13/2017	27,73	21,97	32,70	24,98	25,80	22,00
06/14/2017	27,88	22,35	32,40	25,00	29,10	22,70
06/15/2017	28,03	22,78	32,90	24,95	28,60	22,40
06/16/2017	27,93	23,29	33,00	26,13	26,50	22,10
06/17/2017	23,43	22,85	27,00	25,30	24,00	21,80
PROMEDIO	27,14	22,59	31,87	25,46	26,60	22,27

Figura 47. Comparación numérica de temperaturas exteriores del dormitorio, sala y del aire exterior vivienda 1. Elaboración propia

Como se explica en la Tabla 20 la temperatura exterior del dormitorio presenta la mejor situación de horas de confort con el 84,41%, esto proporciona un microclima fresco que contribuye al confort interior dentro de la vivienda. En cambio la temperatura exterior en la sala proporciona un 44,45% de horas de confort dejando el 55,55% del tiempo fuera de la zona de confort debido a las características micro climática que rodean a la envolvente de la sala y a la exposición directa del sol, además la baja inercia térmica de la envolvente influye directamente en este comportamiento .

Tabla 20. Análisis cualitativo del porcentaje de horas de confort interior del dormitorio y la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017

PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT EXTERIOR DORMITORIO	SIN CONFORT EXTERIOR DORMITORIO	
84,41%	15,58%	
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT EXTERIOR SALA	SIN CONFORT EXTERIOR SALA	
44,45%	55,55%	

Como se observa en la Figura 48 existe una diferencia en la evolución de temperaturas interiores del techo, a pesar de ser un mismo sistema constructivo, el comportamiento es diferente como lo explica la curvatura de la temperatura interior del techo en la sala, en el transcurso de las mediciones estuvo todo el tiempo fuera de la zona de confort con temperaturas sobre los 27°C, mientras que los resultados en el dormitorio muestran un comportamiento donde las temperaturas se mantiene en confort durante las horas de la madrugada y la mañana, mientras que en horas de la tarde y la noche se encuentra fuera de la zona de confort. El techo al ser el único envolvente horizontal de la vivienda 1, exteriormente recibe la misma radiación solar y las condiciones externas son las mismas

en toda la cubierta, el comportamiento térmico dentro de cada habitación es diferente debido a que el calor generado por el sol atraviesa la envolvente horizontal y es modificado por las condiciones térmicas interiores de la envolvente vertical y la ventilación sumado a la inercia térmica del techo.

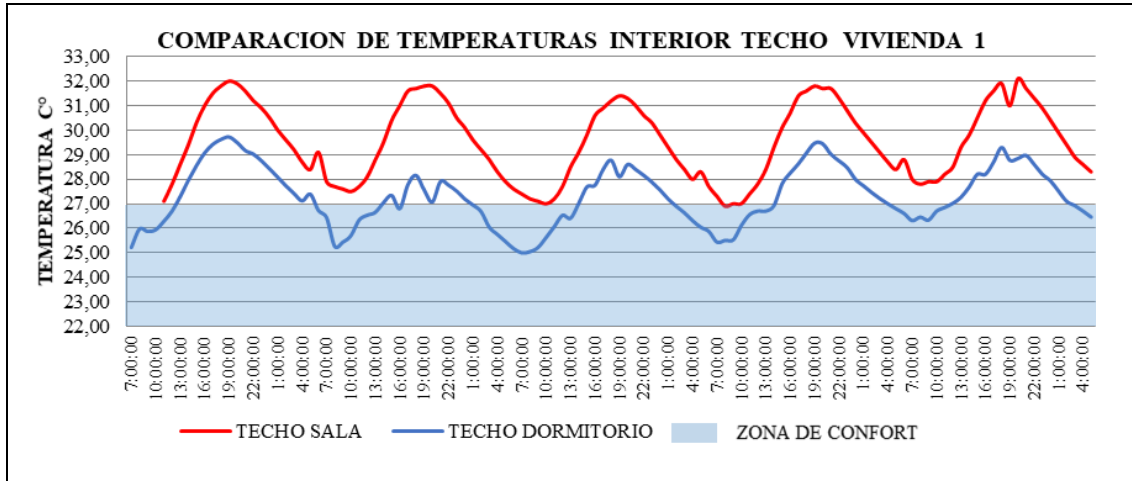


Figura 48. Análisis comparativo de temperaturas interiores del techo de la sala y el dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017

De acuerdo a la Figura 49 se muestra numéricamente la comparación de temperaturas máximas y mínimas entre las dos habitaciones dando como diferencia de 2,35°C de temperatura máxima y de 1,88°C de temperatura mínima, la diferencia de temperatura en las dos zonas es relativamente baja debido a que las temperaturas se mantienen constantes en el interior, resultado de la incidencia directa de la radiación solar sobre la cubierta, por lo que hay que considerar aplicar estrategias para minimizar las temperaturas altas en toda la envolvente horizontal.

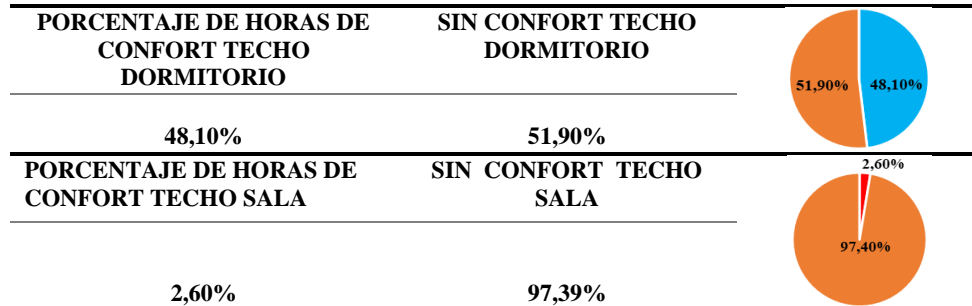
COMPARACION DE TEMPERATURA INTERIOR TECHO VIVIENDA 1				
	DORMITORIO		SALA	
	TEMPERATURA C°		TEMPERATURA C°	
FECHA	MAX C°	MIN C°	MAX C°	MIN C°
6/12/2017	29,72	25,22	32,00	27,10
06/13/2017	28,43	25,12	31,80	27,50
06/14/2017	28,82	24,78	31,40	26,90
06/15/2017	29,55	25,43	31,90	26,90
06/16/2017	29,40	26,31	32,20	27,80
06/17/2017	29,72	26,29	30,40	28,20
PROMEDIO	29,72	26,29	31,86	27,24

Figura 49. Comparación numérica de temperaturas interiores del techo en el dormitorio, sala vivienda 1. Elaboración propia 2017

En la Tabla 21 se hace la comparación del porcentaje de horas de confort donde las mediciones de temperatura del techo llegan al 48,10% y la de la sala llegan al 2,60%, estos resultados muestran que el comportamiento del techo no es favorable en ninguno de

las dos habitaciones, lo que se hace necesario pensar en minimizar este comportamiento térmico en el techo con estrategias pasivas o cambio de sistema constructivo.

Tabla 21. Análisis cualitativo del porcentaje de horas de confort interior techo del dormitorio y la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017



El calor en mayor o menor medida que trasmite hacia el interior la materialidad de la envolvente vertical (paredes) depende de la cantidad de calor que incide sobre esta, la posición, las sombras que se proyectan de los elementos cercanos, del microclima exterior y del comportamiento térmico del sistema constructivo, a pesar que la envolvente vertical es uno solo, las condiciones térmicas son diferentes en los dos espacios como se puede observar en la Figura 50 la temperatura interior de la pared en la sala tiene una oscilación mayor que bordea los 30°C que la temperatura en la pared del dormitorio que no llega a los 28 °C, manteniendo a este último dentro de la zona de confort la mayoría del tiempo.

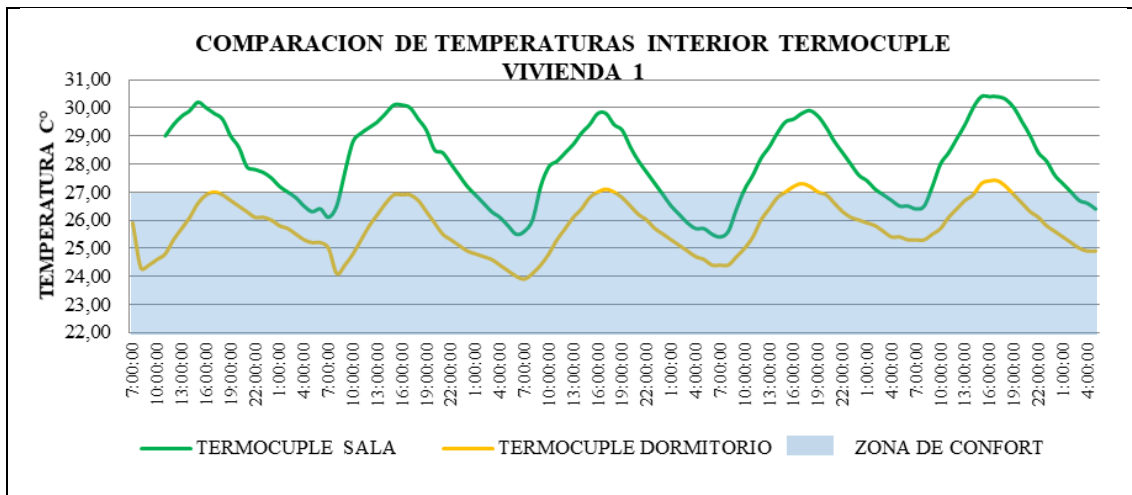


Figura 50. Análisis comparativo de temperaturas interiores la envolvente de la sala y el dormitorio de la vivienda 1. Elaboración propia 2017

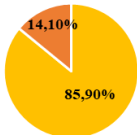
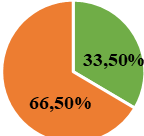
La diferencia de temperaturas en la materialidad de la envolvente, entre la sala y el dormitorio para la temperatura máxima es de 2,78°C y para la temperatura mínima de 1,79°C, diferencia que no es muy significativa con relación a la temperatura interior anteriormente enunciada. (Figura 51)

COMPARACION DE TEMPERATURA INTERIOR TERMOCUPLE VIVIENDA 1				
	DORMITORIO		SALA	
	TEMPERATURA C°		TEMPERATURA C°	
FECHA	MAX C°	MIN C°	MAX C°	MIN C°
6/12/2017	27,00	24,20	30,20	27,60
06/13/2017	26,90	24,00	30,20	26,10
06/14/2017	27,10	23,90	29,80	25,50
06/15/2017	27,30	24,40	29,90	25,40
06/16/2017	27,50	25,30	30,40	26,40
06/17/2017	25,60	24,80	27,60	26,30
PROMEDIO	26,90	24,43	29,68	26,22

Figura 51. Comparación numérica de temperaturas interiores de la envolvente vertical en el dormitorio, sala vivienda 1. Elaboración propia 2017

El comportamiento más favorable de acuerdo a los registros de temperatura diarias es la envolvente en el dormitorio con una 85,90 % de horas en confort contraria a la envolvente en la sala que llega al 33,50 % de horas de confort, esto es resultado de lo anteriormente expuesto en la temperatura exterior de la sala. (Tabla 22)

Tabla 22. Análisis cualitativo del porcentaje de horas de confort interior de la envolvente vertical del dormitorio y la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017

PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT INTERIOR TERMOCUPLE DORMITORIO	SIN CONFORT INTERIOR TERMOCUPLE DORMITORIO	
85,90%	14,10%	
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT INTERIOR TERMOCUPLE SALA	SIN CONFORT INTERIOR TERMOCUPLE SALA	
33,50%	66,50%	

Mediciones in – situ vivienda 2.

Para evaluar el desempeño térmico en las paredes y techo de la vivienda 2 al igual que la vivienda 1 se considerando la ISO 7726-2001, en tal procedimiento los datalogger fueron colocados como indica el Figura 52, la altura del primer datalogger fue a 1.80 m. para medir la temperatura y la humedad relativa interior, el segundo dispositivo termocuple ubicado 1.50 m. en la mitad de la pared, midió la temperatura de la pared y por ultimo a una altura de 3.45 m. bajo la cubierta de zinc y en el centro de la misma se colocó el tercer datalogger que registro los datos de humedad relativa y temperatura de techo.

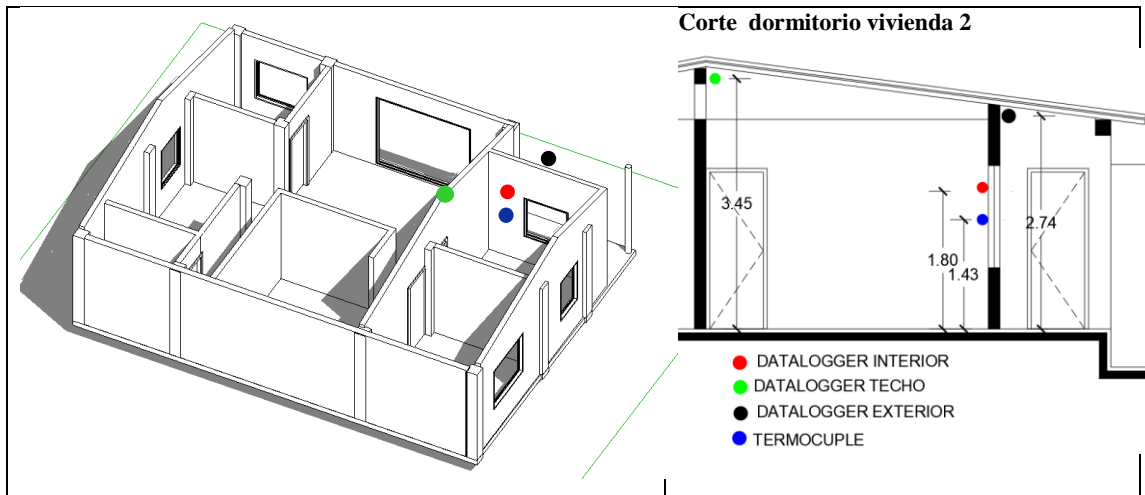


Figura 52. Ubicación de los dispositivos de medición Datalogger en la vivienda 2. Elaboración propia 2017

Resultados de humedad relativa y temperatura interior en la vivienda 2.

Para determinar los rangos de confort térmico como base del análisis del comportamiento térmico del sistema constructivo de la vivienda 2 nos basamos igual que la vivienda 1 en los intervalos de temperatura para la obtención de confort según la norma ISO 7730 y la ASHRAE DTD 55 la cual determina los valores máximos y mínimos de temperatura que van desde los 22°C hasta los 27°C y humedad relativa desde el 30% hasta el 70% para que un ambiente determinado se encuentre dentro de los límites de la franja de confort.

Los resultados obtenidos de las mediciones diarias suministraron un registro promedio de temperatura interna máxima de 28,81°C, mínima de 22,83°C y promedio de humedades relativas internas de máxima 86,63%, mínima 62,53%. Los datos promedios exteriores obtenidos fueron en temperaturas máximos de 33,72°C, mínima 22,12°C y para las humedades relativas un promedio de máxima 90,62% y mínima 52,51%. (Tabla 23).

Tabla 23. Registro de temperaturas promedios máximas y mínimas durante los 6 días de monitoreo de la vivienda 2. Elaboración propia 2017

VIVIENDA 2								
FECHA	INTERIOR				EXTERIOR			
	TEMPERATURA °C		HUMEDAD RELATIVA %		TEMPERATURA °C		HUMEDAD RELATIVA %	
	MAX °C	MIN °C	MAX %	MIN %	MAX °C	MIN °C	MAX %	MIN %
6/12/2017	29,27	22,78	83,36	52,15	34,32	22,11	86,72	39,52
06/13/2017	28,57	22,02	87,72	59,78	33,84	21,47	91,06	46,29
06/14/2017	28,50	22,49	89,64	63,91	33,11	21,75	93,84	49,78
06/15/2017	29,22	22,76	90,92	60,35	34,42	22,28	94,12	45,23
06/16/2017	29,27	23,96	82,09	59,53	33,63	22,78	88,50	48,08
06/17/2017	28,00	23,00	86,05	79,48	33,00	22,30	89,48	86,18
PROMEDIO	28,81	22,83	86,63	62,53	33,72	22,12	90,62	52,51

Análisis comparativo de la Humedad Relativa interior y exterior de la vivienda 2.

En el Figura 53 se presenta el comportamiento térmico de la humedad relativa del interior, exterior y del techo de la vivienda 2 las cuales siguen un mismo patrón de evolución, marcando desde las 16:00 horas hasta las 7:00 horas humedades relativas altas y fuera de confort, debido a la exposición directa de la cubierta a la radiación solar y la materialidad de la misma al ser de zinc tiene una muy baja o nula inercia térmica y una alta transmitancia térmica ($U=7,14$), a esto hay que sumarle la poca ventilación dentro de la vivienda.

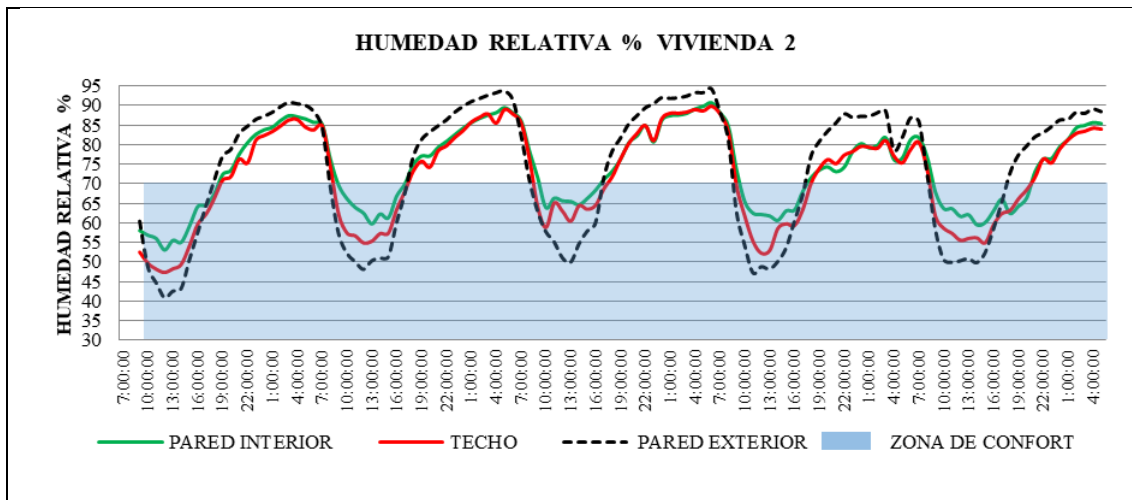


Figura 53. Resumen de mediciones de Humedades Relativas diarias en la vivienda 2. Elaboración propia 2017

De acuerdo a la Figura 54 se observa la mayoría de los días la vivienda 2 se encuentra fuera de la zona de confort con datos sobre el 70% de humedad relativa y bajo el 50% de horas de confort, a excepción del día lunes donde los datos de % humedad relativa no pasan del 70% manteniendo en un 65,57% de horas de confort, las características de este comportamiento es consecuencia directa de la radiación solar sobre la cubierta de zinc y de la baja inercia térmica de la misma que resulta ser insignificante lo que permite calentarse y enfriarse rápidamente, hay que considerar el uso de la ventilación, el cambio de cubierta de zinc con cubierta ventilada o doble cubierta.

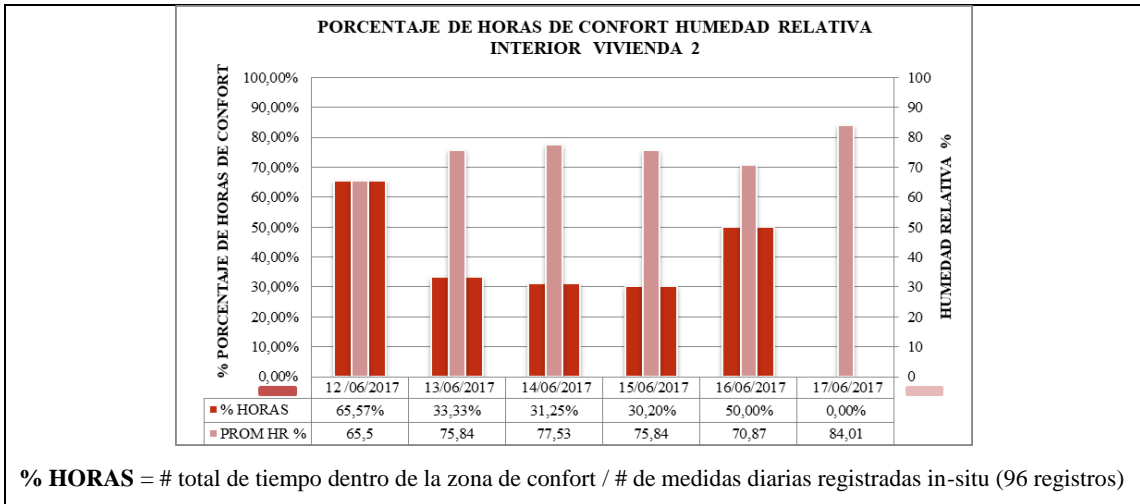


Figura 54. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior vivienda 2. Elaboración propia 2017.

Los datos de la humedad relativa en el techo son parecidos a los datos de la humedad relativa en el interior, manteniendo la misma evolución similar todos los días con una variación muy pequeña de alrededor de 2% a 3% de humedad relativa. Hay que considerar que la mayor parte del calor pasa a través de la cubierta, influyendo considerablemente en el comportamiento de las paredes consecuencia de eso son la poca diferencia de los resultados comparados de las paredes de la vivienda. (Figura 55)

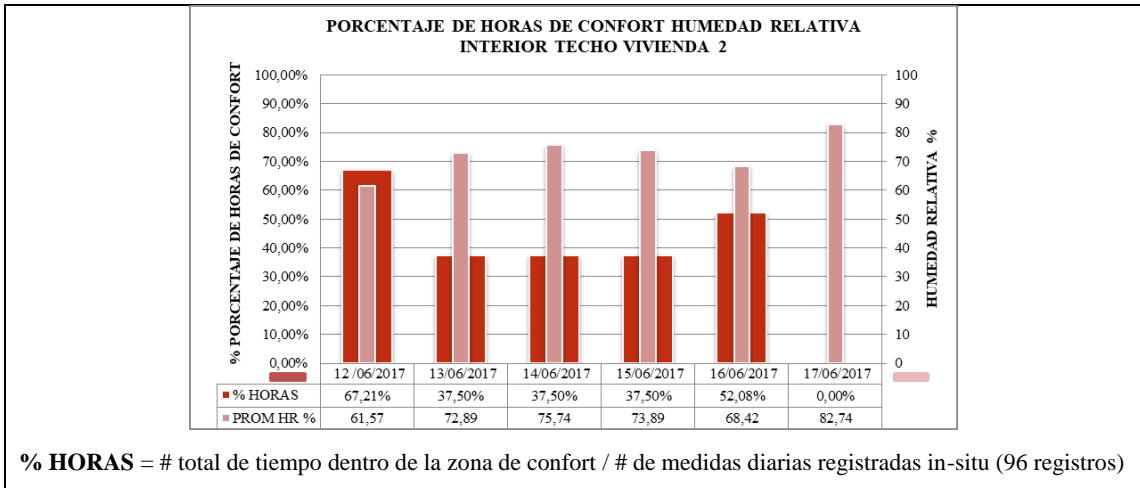


Figura 55. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa interior techo vivienda 2. Elaboración propia 2017.

En la Figura 56 la humedad relativa siguen un patrón diferente al interior y del techo, donde la mayoría del tiempo la humedad relativa se encuentran dentro de la zona de confort con un promedio de más del 30% de HR, muy diferente de los registros anteriores del interior de la vivienda, la humedad relativa del exterior está condicionada al entorno y el micro clima existente que influye en la vivienda, el viento, la sombra y la radiación solar incidente en la cubierta.

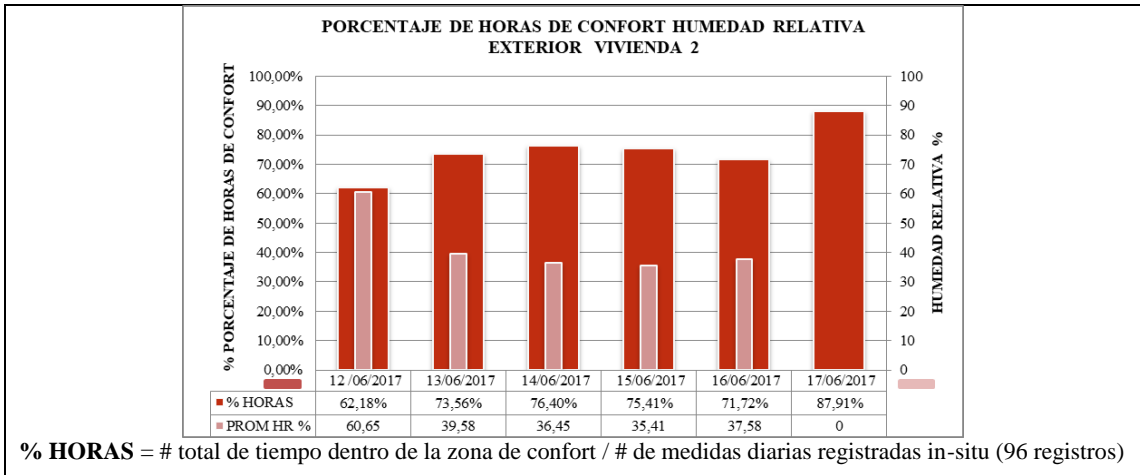


Figura 56. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Humedad Relativa exterior vivienda 2. Elaboración propia 2017

Análisis comparativo de la Temperatura interior y exterior de la vivienda 2

La Figura 57 muestra el comportamiento térmico interior y exterior de la vivienda 2 donde la curvatura de las temperaturas sigue un mismo patrón cíclico diario similar con diferentes picos de temperatura altos y bajos para todas las mediciones, generando amplitudes más significativas que la vivienda 1. Las temperaturas empiezan a subir y salir de la zona de confort a partir de las 7:00 horas hasta las 17:00 horas aproximadamente estas variaciones de temperatura dentro de la vivienda se deben al comportamiento de la envolvente y en especial al techo de zinc que al ser un elemento de un espesor muy delgado se calienta y se enfría rápidamente.

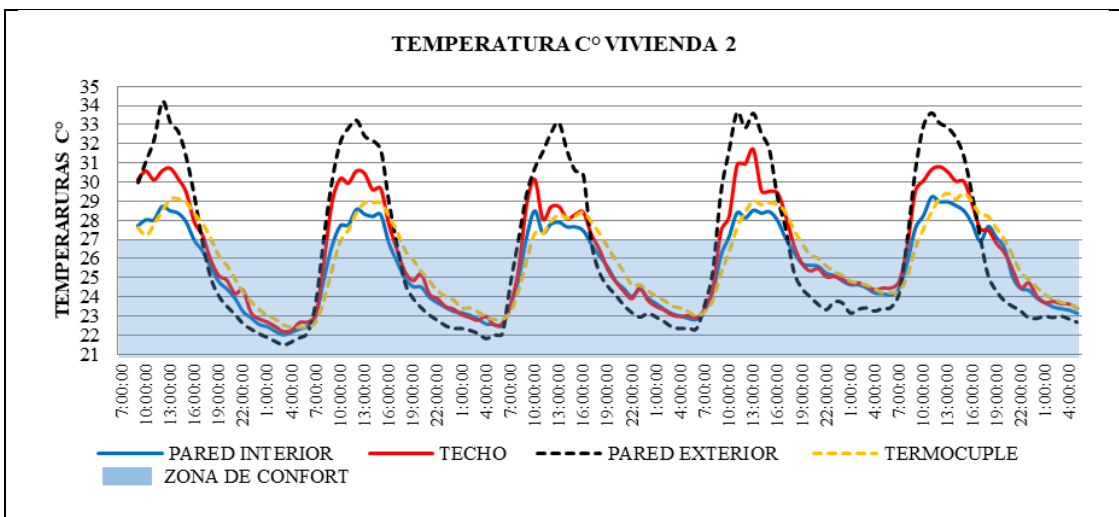


Figura 57. Valores de la temperatura en la envolvente norte vivienda 2 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017.

En la Figura 58 se muestra la trayectoria del sol graficando la proyección del sombreado sobre las envolventes verticales y la incidencia directa de los rayos solares sobre la

cubierta de la vivienda 2 en los días de las mediciones, esta condición exterior es la más importante para el aumento de las temperaturas interiores.

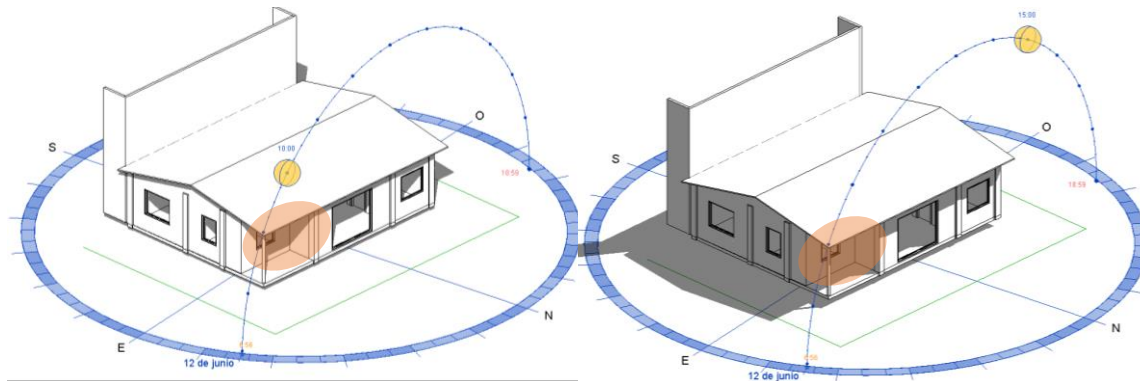
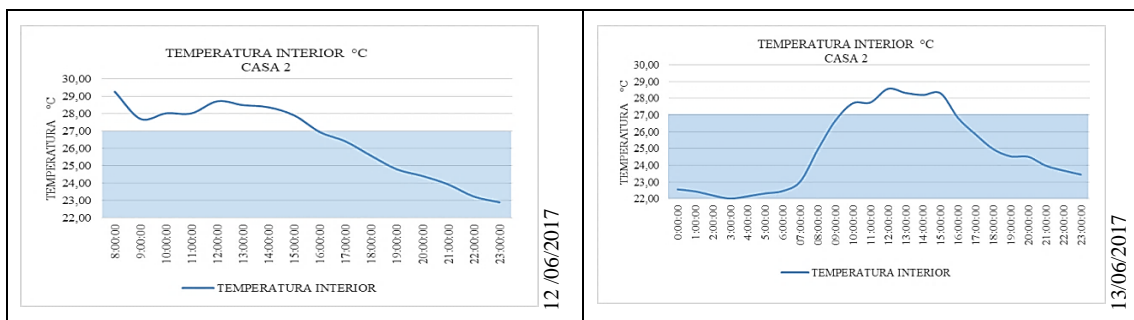


Figura 58. Asoleamiento sobre la vivienda 2, radiación directa sobre la pared norte y radiación directa sobre la cubierta. Elaboración propia 2017

Temperatura interior vivienda 2

La oscilación de temperatura diaria en el interior de la vivienda 2 registradas presentó evoluciones parecidas en los 6 días, donde los picos más altos de temperatura alcanzan valores cerca de los 29°C y los picos más bajos alcanzan los 22°C dando una amplitud térmica de 5°C, las mayores temperaturas se registraron desde las 9:00 horas hasta las 17:00 horas, dejando 8:00 horas fuera de la zona de confort. De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis comparativo entre el porcentaje de horas de confort y el promedio la temperatura interior en la vivienda 2, están dentro de la zona de confort con más del 50% de horas de confort y con un promedio de temperaturas diarias menores a 27°C que son confortables.

Durante el horario matutino y vespertino la ganancia de calor aumenta debido a la radiación solar y la temperatura del aire exterior que calientan la envolvente y atraviesa hacia el interior de la vivienda, pero este comportamiento de la pared es minimizado por el comportamiento térmico de la cubierta que al ser de un elemento tan delgado y su alta transmitancia hace que el calor entre y salga rápidamente. (Figura 59)



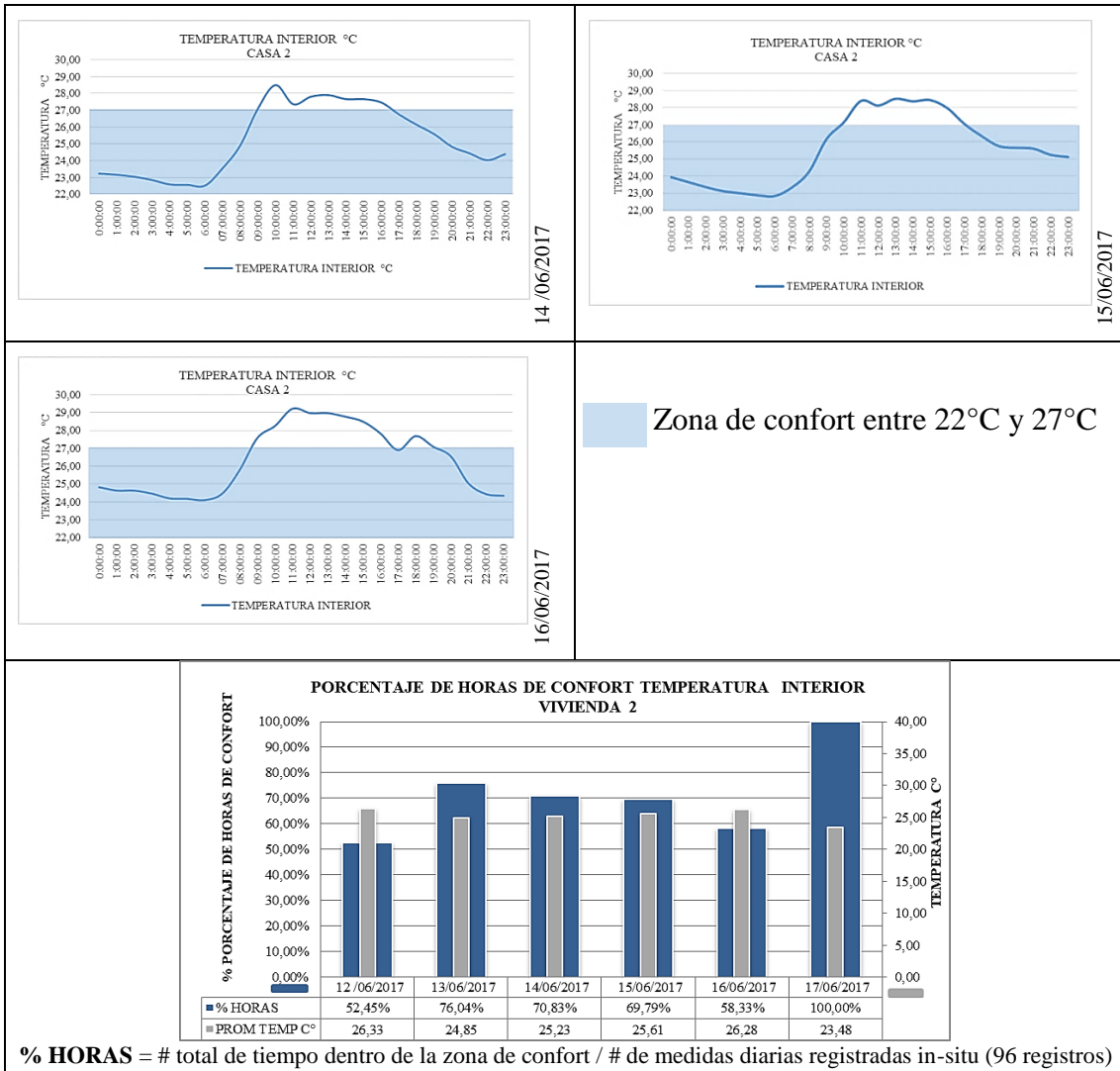
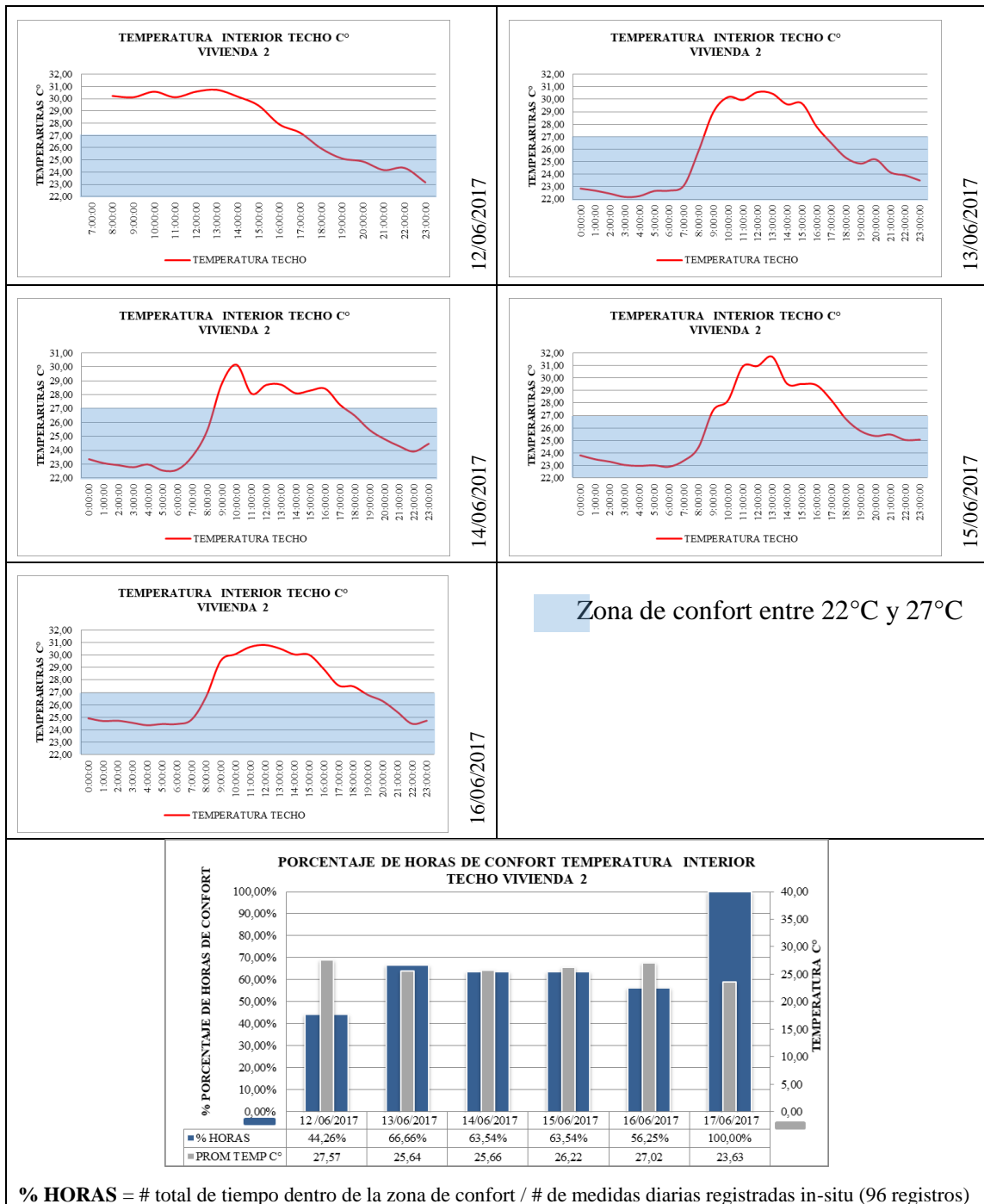


Figura 59. Registro de temperatura interior diaria y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de temperatura exterior de la sala vivienda 2. Elaboración propia 2017

Temperatura interior techo vivienda 2

De acuerdo a la Figura 60 se observa la evolución de la temperatura interior diaria del techo donde la oscilación de la curva no tiene una forma regular, determinando picos de temperatura altas sobre los 30°C, marcando claramente un intervalo diario fuera de la zona de confort que va desde las 7:00 horas en la mañana hasta las 17:00 horas en la tarde, para luego descender la temperatura en horas de la noche y la madrugada con temperaturas cerca de los 22°C. Este comportamiento permite tener a la vivienda un 66,66% de horas de confort, no se consideró las horas de confort del día sábado ya que las mediciones se las hicieron solo en horas de la madrugada y parte de la mañana, donde la mayoría de las mediciones fueron menores a 27°C.

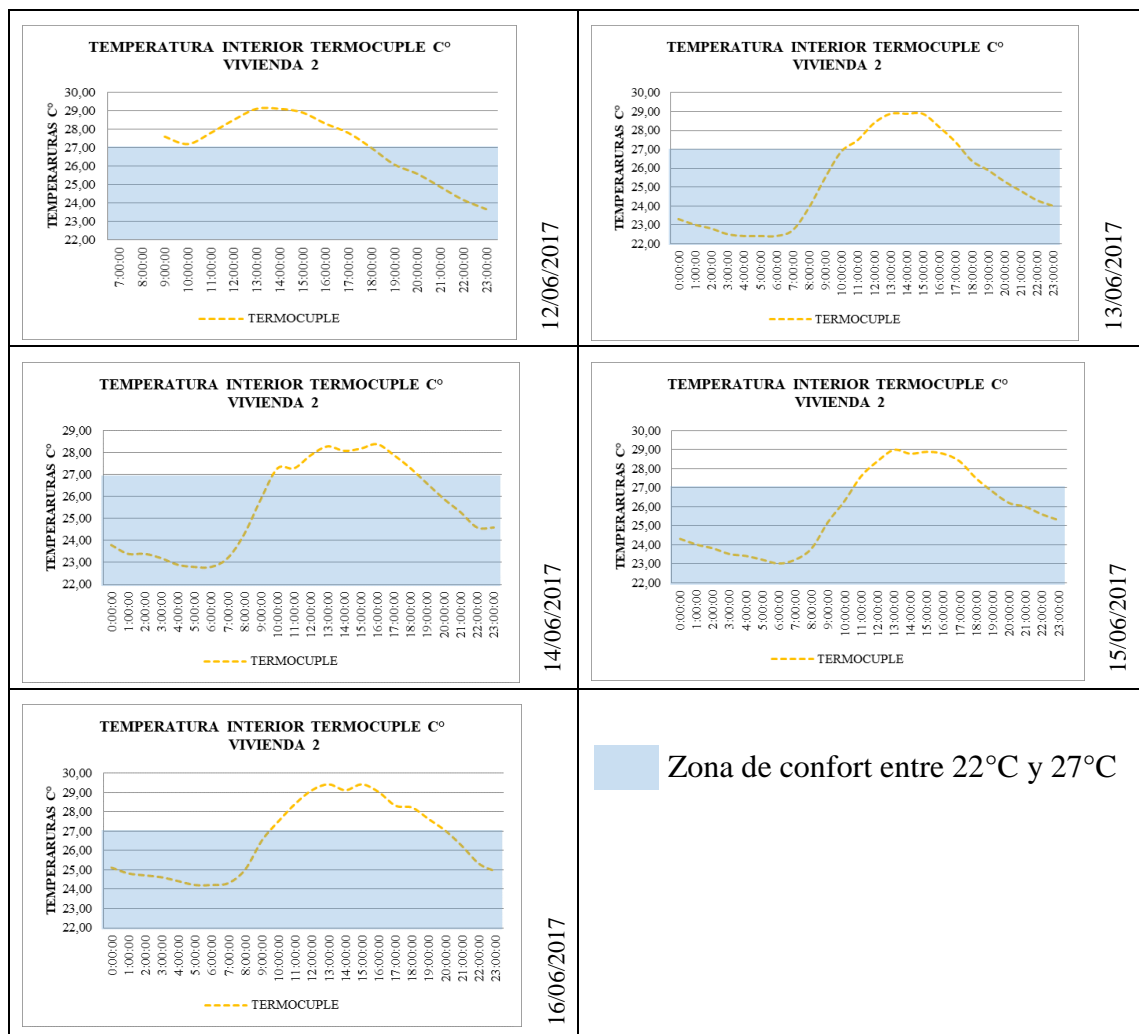
La cubierta es el elemento de construcción que cubre todos los espacios dentro de la vivienda, la cual está expuesta directamente a recibir la radiación solar sin ningún elemento que le proteja, además de ser una cubierta de zinc material de espesor muy bajo hace que su transmitancia sea muy alta y su resistencia térmica sea nula. Para poder mejorar esta condición térmica desfavorable en la cubierta hay que pensar utilizar aislamiento en la cubierta para evitar el sobrecalentamiento en la cubierta producido por la radiación solar, además de utilizar la ventilación.

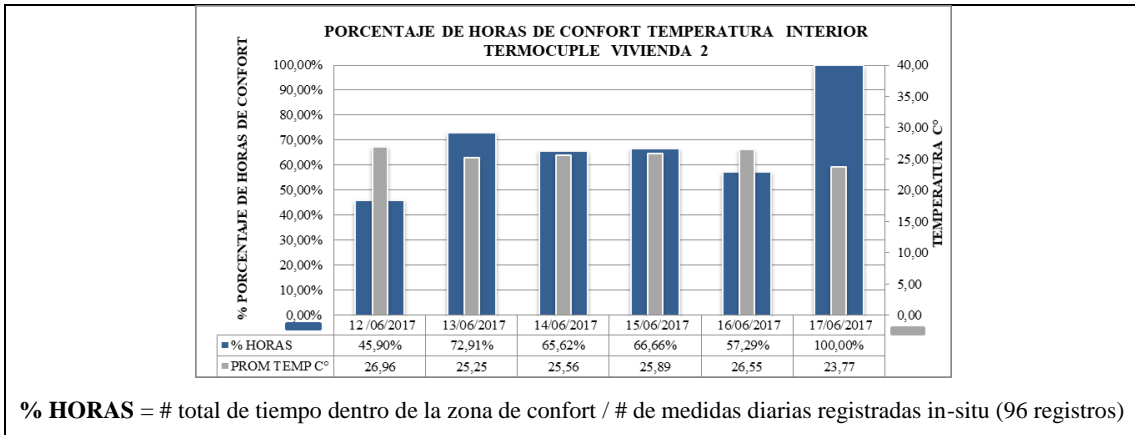


% HORAS = # total de tiempo dentro de la zona de confort / # de medidas diarias registradas in-situ (96 registros)
 Figura 60. Registro de temperatura interior del techo diaria y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de temperatura exterior de la sala vivienda 2. Elaboración propia 2017.

Temperatura interior de la materialidad de la envolvente vertical (termocuple) vivienda 2

De acuerdo a la figura 61, se observa los registros de temperatura interior diaria de la materialidad de la envolvente vertical, donde la oscilación de la temperatura tiene un patrón similar que la temperatura interior de la misma vivienda con una diferencia de ± 1 a ± 2 °C. La temperatura máxima no supera los 30°C y la mínima no llega a los 22°C, dejando un margen entre el 45% y el 70% de horas de confort. La diferencia de temperatura de la envolvente y la temperatura interior, es influenciada directamente por el comportamiento térmico de la cubierta que ya se enuncio anteriormente.



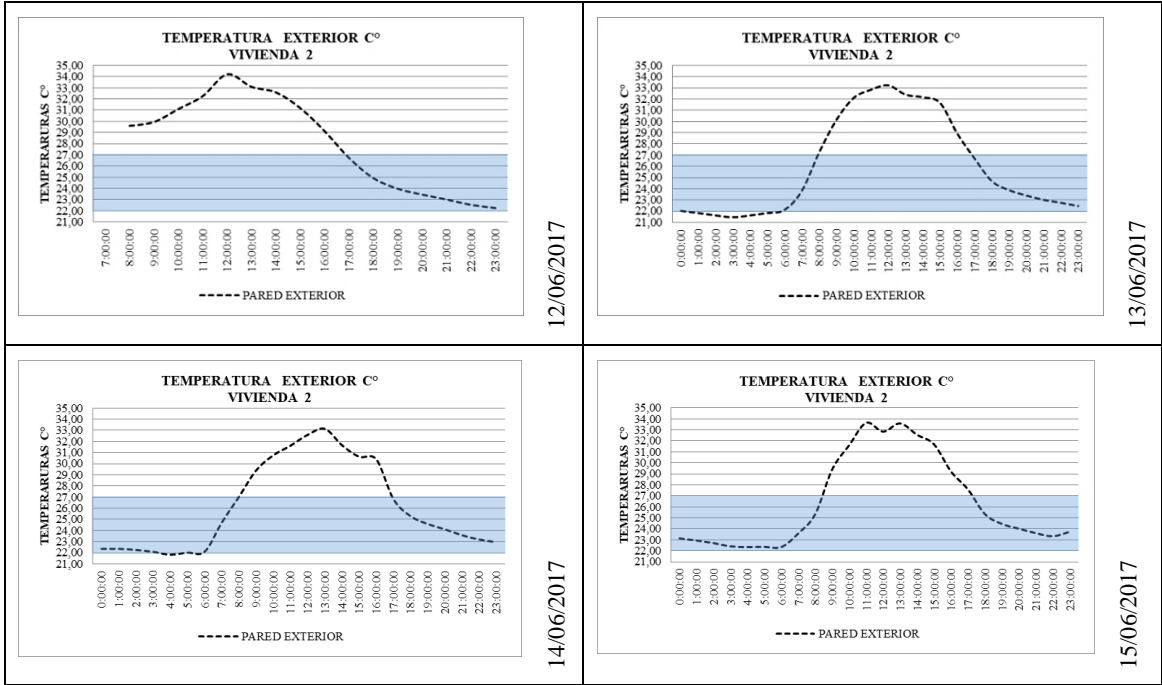


% HORAS = # total de tiempo dentro de la zona de confort / # de medidas diarias registradas in-situ (96 registros)

Figura 61. Registro de temperatura interior diaria de la materialidad de la envolvente vertical (termocuple) y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de Temperatura interior de la materialidad de la envolvente vertical de la vivienda 2. Elaboración propia 2017.

Temperatura exterior de la vivienda 2

En la Figura 62 se observa las gráficas de las curvas de las temperaturas diarias del exterior que varían desde 21°C a 34°C como temperatura mínimas y máxima, estas temperaturas están condicionadas a las características ambientales del entorno sumadas al comportamiento térmico de la cubierta que modifican significativamente los valores registrados por el dispositivo bajo la cubierta de la vivienda 2. A pesar de las altas temperaturas registradas en horas de la mañana, se tienen alrededor de 9 horas fuera de la zona de confort y con resultados del 40% hasta el 60% de horas de confort registradas.



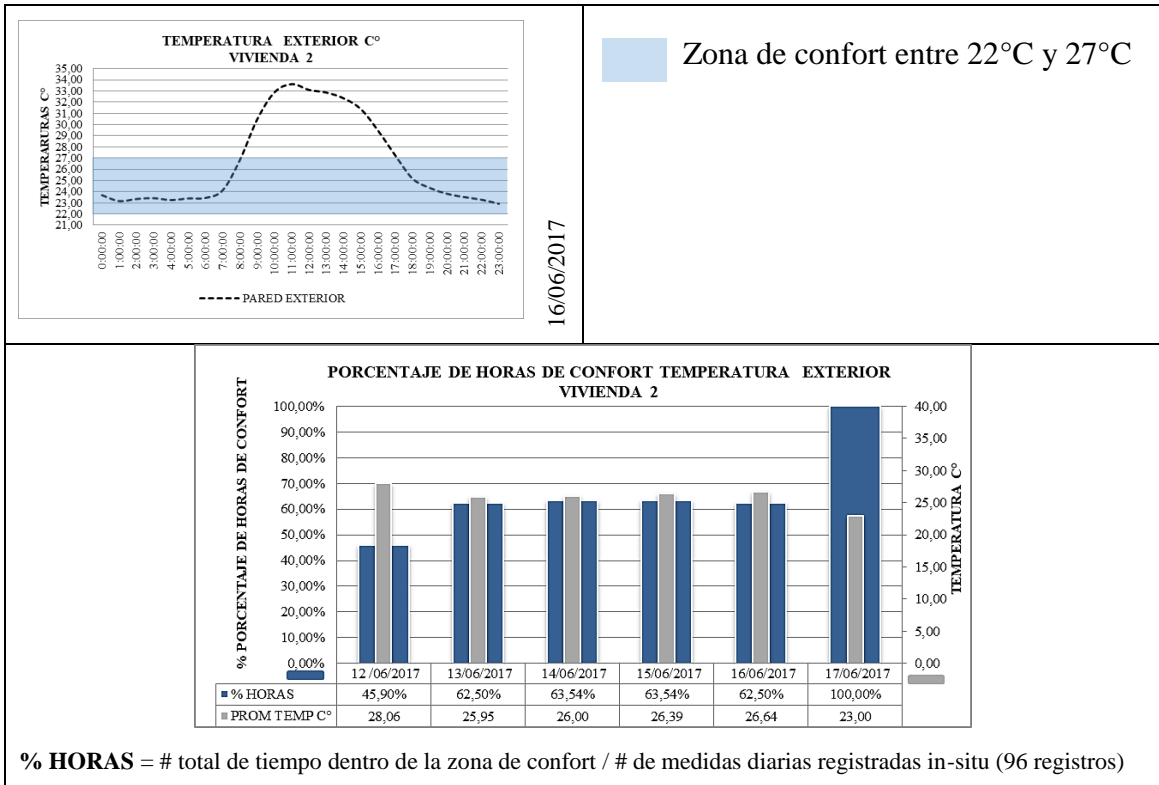


Figura 62. Registro de temperatura exterior diaria sala y franja de confort. Análisis comparativo entre horas de confort y promedio de temperatura exterior de la sala vivienda 1. Elaboración propia 2017.

En la Figura 63 se presentan los valores diarios de las temperaturas internas y externas de la envolvente norte de la vivienda 2, los registros horarios muestran un patrón similar donde la temperatura interior y exterior tienden a ascender alrededor de las 9:00 horas de la mañana y descender a las 16:00 horas de la tarde, esta variación de temperatura es producto de la exposición directa de la radiación solar sobre la fachada norte en los días de la medición, hay que considerar también las condiciones micro-climáticas del entorno y lo más importante la alta o baja temperatura transmitida por la cubierta de zinc, donde la masa de esta resulta ser despreciable haciendo que gane y pierda calor instantáneamente, esta condición da como resultado que la temperatura interna este de 6 a 10 horas fuera de la zona de confort. De acuerdo a estos valores hay que considerar ventilación, sombra y utilizar un material aislante en la cubierta o cubierta ventilada para poder contrarrestar estas altas temperaturas en horas de la mañana.


TEMPERATURA INTERIOR Y EXTERIOR VIVIENDA 2													
DIA	HORA	TEMPERATURA INTERIOR	TEMPERATURA EXTERIOR	DIA	HORA	TEMPERATURA INTERIOR	TEMPERATURA EXTERIOR °C	DIA	HORA	TEMPERATURA INTERIOR °C	TEMPERATURA EXTERIOR °C		
Lunes 12 /06/2017	0:00:00			Martes 13 /06/2017	0:00:00	22,57	22,04	Miércoles 14 /06/2017	0:00:00	23,24	22,33		
	1:00:00				1:00:00	22,45	21,85		1:00:00	23,17	22,33		
	2:00:00				2:00:00	22,21	21,63		2:00:00	23,05	22,23		
	3:00:00				3:00:00	22,02	21,47		3:00:00	22,85	22,06		
	4:00:00				4:00:00	22,16	21,63		4:00:00	22,59	21,80		
	5:00:00				5:00:00	22,33	21,85		5:00:00	22,57	21,99		
	6:00:00				6:00:00	22,47	22,13		6:00:00	22,52	22,06		
	7:00:00				7:00:00	23,05	23,84		7:00:00	23,55	24,68		
	8:00:00	29,27	29,00		8:00:00	24,95	27,27		8:00:00	24,90	27,00		
	9:00:00	27,71	29,97		9:00:00	26,68	30,17		9:00:00	27,09	29,37		
	10:00:00	28,03	31,14		10:00:00	27,71	32,13		10:00:00	28,50	30,73		
	11:00:00	28,03	32,29		11:00:00	27,76	32,85		11:00:00	27,36	31,59		
	12:00:00	28,72	34,24		12:00:00	28,57	33,24		12:00:00	27,81	32,57		
	13:00:00	28,50	33,11		13:00:00	28,33	32,42		13:00:00	27,91	33,11		
	14:00:00	28,38	32,62		14:00:00	28,20	32,18		14:00:00	27,66	31,65		
	15:00:00	27,91	31,21		15:00:00	28,30	31,67		15:00:00	27,66	30,60		
	16:00:00	26,95	29,15		16:00:00	26,82	28,92		16:00:00	27,46	30,38		
	17:00:00	26,41	26,75		17:00:00	25,85	26,70		17:00:00	26,75	26,80		
	18:00:00	25,58	24,95		18:00:00	24,97	24,68		18:00:00	26,14	25,26		
	19:00:00	24,80	24,01		19:00:00	24,54	23,89		19:00:00	25,58	24,56		
	20:00:00	24,42	23,48		20:00:00	24,51	23,41		20:00:00	24,83	24,08		
	21:00:00	23,93	23,05		21:00:00	23,98	23,02		21:00:00	24,44	23,55		
	22:00:00	23,24	22,57		22:00:00	23,69	22,76		22:00:00	24,03	23,17		
	23:00:00	22,90	22,28		23:00:00	23,45	22,47		23:00:00	24,39	22,93		
	8 HORAS	10 HORAS		6 HORAS	9 HORAS		8 HORAS	8 HORAS					
Jueves 15 /06/2017	0:00:00	23,93	23,12	Viernes 16 /06/2017	0:00:00	24,83	23,67	Sabado 17 /06/2017	0:00:00	23,93	22,85		
	1:00:00	23,65	22,93		1:00:00	24,63	23,14		1:00:00	23,69	22,97		
	2:00:00	23,36	22,69		2:00:00	24,63	23,33		2:00:00	23,48	22,90		
	3:00:00	23,12	22,40		3:00:00	24,47	23,41		3:00:00	23,38	22,97		
	4:00:00	23,00	22,33		4:00:00	24,20	23,24		4:00:00	23,31	22,83		
	5:00:00	22,88	22,35		5:00:00	24,18	23,38		5:00:00	23,14	22,66		
	6:00:00	22,83	22,33		6:00:00	24,10	23,43		6:00:00	0 HORAS	0 HORAS		
	7:00:00	23,33	23,57		7:00:00	24,47	24,13		TEMPERATURA °C 				
	8:00:00	24,27	25,34		8:00:00	25,80	26,87						
	9:00:00	26,16	29,42		9:00:00	27,59	30,50						
	10:00:00	27,14	31,62		10:00:00	28,25	32,91						
	11:00:00	28,40	33,66		11:00:00	29,22	33,63						
	12:00:00	28,13	32,85		12:00:00	28,97	33,11						
	13:00:00	28,52	33,61		13:00:00	28,97	32,88						
	14:00:00	28,38	32,57		14:00:00	28,77	32,36						
	15:00:00	28,45	31,70		15:00:00	28,50	31,39						
	16:00:00	27,98	29,22		16:00:00	27,83	29,45						
	17:00:00	27,04	27,59		17:00:00	26,90	27,22						
	18:00:00	26,33	25,34		18:00:00	27,68	25,14						
	19:00:00	25,75	24,44		19:00:00	27,09	24,32						
	20:00:00	25,65	24,01		20:00:00	26,55	23,79						
	21:00:00	25,60	23,60		21:00:00	25,05	23,50						
	22:00:00	25,24	23,31		22:00:00	24,44	23,26						
	23:00:00	25,12	23,72		23:00:00	24,34	22,90						
	8 HORAS	9 HORAS		10 HORAS	9 HORAS								

Figura 63. Análisis por hora de la temperatura de la vivienda 2, horas fuera de confort diarias y categorización de rangos de temperatura alta media y baja por hora. Elaboración propia 2017

En la Tabla 24 correspondiente al análisis comparativo de la amplitud térmica diaria de la envolvente vertical de la vivienda 2, registraron temperaturas máximas y mínimas exteriores e interiores con amplitudes mayores en comparación con la vivienda anterior,

resultando como amplitud térmica de temperatura promedio interior de 6,16°C y máxima para la temperatura exterior de 11,79°C, seguida de la amplitud térmica en el techo de 8,09°C y del termocuple de 5,90°C, siendo esta ultima la amplitud térmica menor.

En los climas cálidos húmedos las amplitudes térmicas son reducidas, variando entre el 7 °C y el 14°C en los meses menos calurosos manteniéndose la mayoría del tiempo dentro de la zona de confort (Evans, 2014), habría que considerar para los tres meses donde el clima es más caluroso (enero, febrero y marzo), donde las amplitudes térmicas son mayores haciendo que la mayoría del tiempo estén fuera de confort. Hay que considerar la ventilación, el sombreado y utilizar un material aislante en la cubierta o cubierta ventilada, para mejorar el confort dentro de la vivienda.

Tabla 24. Análisis de la amplitud térmica (A-T) de la envolvente vertical en la vivienda 2. Elaboración propia 2017

(A-T) AMPLITUD TERMICA DE LA ENVOLVENTE VERTICAL VIVIENDA 2												
FECHA	TEMPERATURA INTERIOR			TEMPERATURA EXTERIOR			TEMPERATURA TERMOCUPLE-PARED			TEMPERATURA TECHO		
	MAX °C	MIN °C	A- T °C	MAX °C	MIN °C	A- T °C	MAX °C	MIN °C	A- T °C	MAX °C	MIN °C	A- T °C
06/12/2017	29,27	22,78	6,50	34,32	22,11	12,21	29,20	23,53	5,68	31,21	22,93	8,29
06/13/2017	28,57	22,07	6,50	33,84	21,47	12,37	29,00	22,40	6,60	30,78	22,18	8,60
06/14/2017	28,50	22,49	6,01	33,11	21,75	11,36	28,48	22,80	5,68	30,15	22,54	7,61
06/15/2017	29,22	22,76	6,46	34,42	22,28	12,14	29,20	23,08	6,13	31,70	22,90	8,80
06/16/2017	29,27	23,96	5,31	33,63	22,78	10,85	29,60	24,20	5,40	31,31	24,32	6,99
PROMEDIO	28,97	22,81	6,16	33,86	22,08	11,79	29,10	23,20	5,90	31,03	22,97	8,06

Como se observa en la Tabla 25 los valores de la inercia térmica de la envolvente vertical norte de la vivienda 2, la temperatura máxima promedio exterior oscila entre los 33°C y 34°C mientras que la temperatura promedio interior oscila entre los 28°C y los 29°C Dando una diferencia de temperatura de 3°C, esta evolución sinusoidal de las temperaturas alcanza un desfase promedio de 1:37:30 horas, este desfase no es suficiente para utilizar la ventilación nocturna ya que en la noche las temperaturas están dentro de la zona de confort, caso contrario en horas de la mañana permanecen fuera de la zona de confort lo que hace necesario recurrir a la ventilación cruzada.

Esta acumulación de energía en la envolvente vertical es minimizada por el comportamiento térmico de la cubierta por lo que el valor del amortiguamiento de 0,45 y el factor de amortiguamiento es de 55,31% sugieren que el calor acumulado en la pared amortigua un 45% y deja pasar un 55,31% en un tiempo de 1:37:30 horas, lo que hace que el calor entre y salga instantáneamente de la vivienda.

Tabla 25. Análisis de la inercia térmica de la envolvente vertical en la vivienda 2 (Anexo 6). Elaboración propia 2017

INERCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE VERTICAL VIVIENDA 2					
HORA	TEM MAX °C EXTERIOR	TEM MAX °C INTERIOR	DESFACE	AMORTIGUAMIENTO	FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO
	12:36:56	12:51:56	00:15:00		
6/12/2017	34,32	29,27		0,47	53,03%
HORA	12:21:56	12:21:56	00:00:00		
06/13/2017	33,84	28,55		0,47	53,09%
HORA	13:06:56	15:36:56	02:30:00		
06/14/2017	33,11	28,20		0,42	58,15%
HORA	10:51:56	12:51:56	02:00:00		
06/15/2017	34,42	29,22		0,45	55,03%
HORA	11:06:56	12:51:56	01:45:00		
06/16/2017	33,63	29,22		0,42	57,26%
PROMEDIO			1:37:30	0,45	55,31%

Conclusiones - Análisis comparativo de las viviendas de estudio Vivienda 1 y Vivienda 2

Con el fin de realizar el análisis comparativo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la envolvente vertical y de los techos se procede a evaluar los resultados de las tres habitaciones de las dos viviendas donde se realizaron las mediciones diarias.

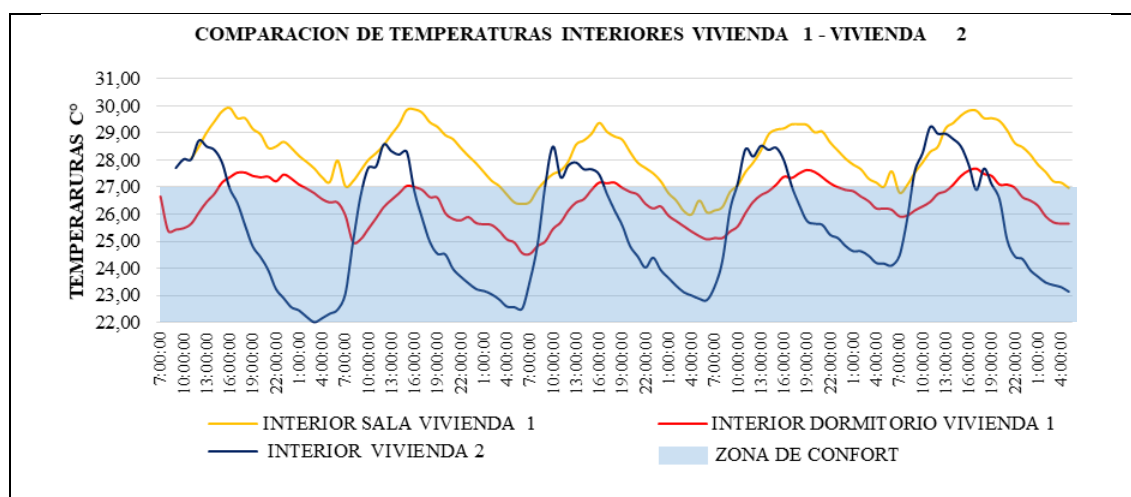


Figura 64. Comparación de temperaturas internas en la envolvente de la vivienda 1 y vivienda 2 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017.

De acuerdo a la figura 64 la condición térmica desfavorable se encuentra en la sala de la vivienda 1, donde la temperatura interior registrada en la envolvente tiene una oscilación sinusoidal fuera de la zona de confort con temperatura promedio máxima de 29,48°C y mínima de 26,74°C y una amplitud térmica promedio de 2,73°C, dejando alrededor de 18 horas fuera de la zona de confort, en cambio en el dormitorio de la misma vivienda la temperatura promedio máxima es de 27,34°C y la temperatura promedio mínima es de

25,20°C y una amplitud térmica de 2,14°C, permaneciendo la mayoría del tiempo dentro de la zona de confort, registrándose solo 6,4 horas fuera de la zona de confort (Tabla 26), esta variación en los valores registrados se deben a varias condiciones externas en especial a la radiación directa e indirecta que tiene la vivienda sobre su envolvente vertical.

Análisis comparativo de la amplitud térmica de la temperatura interior de la envolvente vertical en la vivienda 1 y vivienda 2.

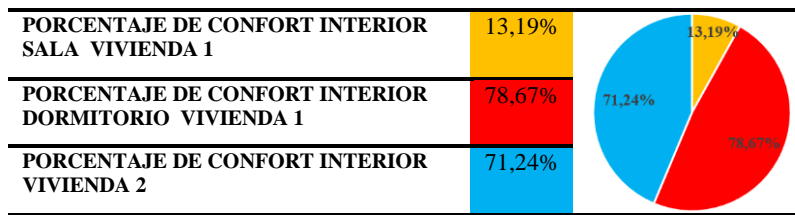
PROMEDIO	TEMPERATURA INTERIOR SALA VIVIENDA 1			TEMPERATURA INTERIOR DORMITORIO VIVIENDA 1			TEMPERATURA INTERIOR VIVIENDA 2		
	MAX °C	MIN °C	AMPLITUD TERMICA °C	MAX °C	MIN °C	AMPLITUD TERMICA °C	MAX °C	MIN °C	AMPLITUD TERMICA °C
	29,48	26,74	2,73	27,34	25,20	2,14	28,97	22,86	6,11
	18,8 HORAS FUERA DE LA ZONA DE CONFORT			6,4 HORAS FUERA DE LA ZONA DE CONFORT			8 HORAS FUERA DE LA ZONA DE CONFORT		

En conclusión el comportamiento térmico del dormitorio de la vivienda 1 es el más favorable con el 78,67% de confort interior, por su ubicación orientada al sur y la incidencia directa de los vientos predominantes del sur, además la radiación indirecta en la envolvente vertical hacen que el espacio se mantenga en confort y solo habría que pensar en la ventilación nocturna para mitigar las temperaturas altas nocturnas de la noche.

La sala en la vivienda 1 el resultado es contrario, a pesar de tener el mismo sistema constructivo el porcentaje de confort interno es el más desfavorable con el 13,19% de horas de confort, resultado del aporte del calor directo sobre la envolvente norte, la poca ventilación natural y la ausencia de sombra sobre la fachada hacen que la temperatura exterior aumente y transmita a través de la envolvente el flujo de calor hacia el interior, produciendo un comportamiento térmico desfavorable que hay que corregirlo con sombreado y ventilación natural y nocturna.

Los resultados de la vivienda 2 constituyen el 71,24% de confort interior, este valor está influenciado por las características térmicas del techo de zinc, su baja inercia térmica hace que el calor entre y salga instantáneamente calentando y enfriando el ambiente interior rápidamente, para corregir esta condición se debe pensar en ventilar naturalmente y considerar el doble techo o techo ventilado. (Tabla 27)

Análisis comparativo y cualitativo del porcentaje de horas de confort interior en la vivienda 1 y vivienda 2.



Como se observa en la figura 65 en la gráfica comparativa de la evolución de las temperaturas exteriores de las viviendas se genera una evolución cíclica similar con diferentes temperaturas las cuales están relacionadas directamente con la radiación solar y las características particulares micro climático del entorno.

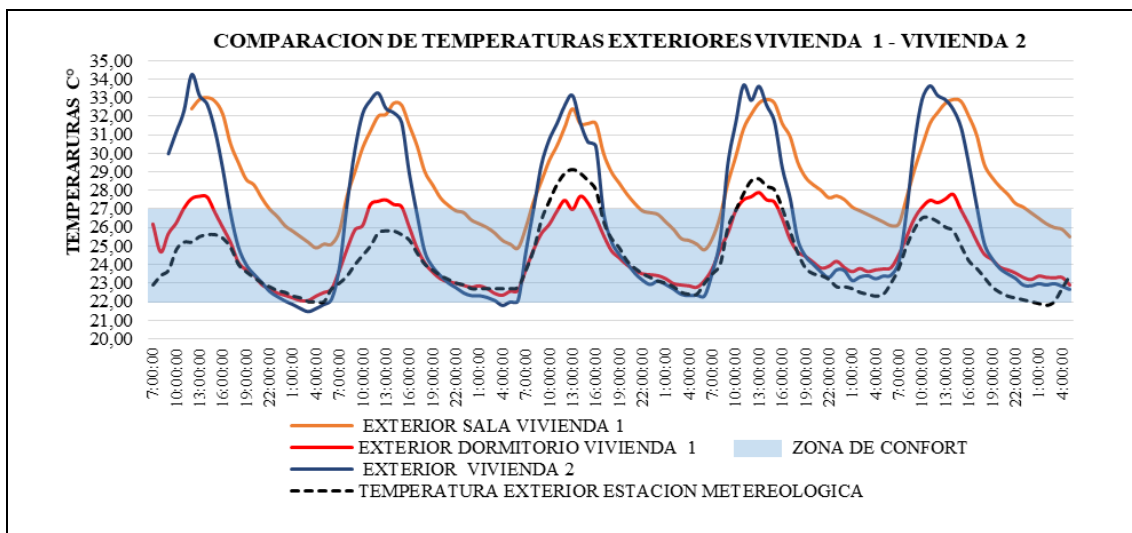


Figura 65. Comparación de temperaturas externas en la envolvente de la vivienda 1 y vivienda 2 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017

La temperatura de la envolvente norte de la sala de la vivienda 1 alcanza una temperatura promedio máxima de 32,84°C y mínima de 25,36°C y una amplitud térmica promedio de 7,48°C, dejando alrededor de 14,4 horas fuera de la zona de confort. La temperatura exterior del dormitorio de la vivienda 1, muestra una situación confortable manteniéndose todo el tiempo dentro de la zona de confort, con una temperatura promedio máxima de 27,88°C, temperatura promedio mínima de 22,55°C y una amplitud térmica de 5,34°C, además muestra similitud con la curvatura de la temperatura ambiente exterior de la estación meteorológica.

La envolvente norte de la vivienda 2, reciben directamente la radiación solar de la mañana, además las características físicas del entorno, patio frontal de graba de piedra, el estar frente a la avenida principal, el no tener ningún elemento que proporcione sombra ni vegetación hace que las temperaturas en horas de la mañana salgan de la zona de

confort dando una oscilación de temperaturas promedio máxima de 33,86°C, en cambio el comportamiento de la temperatura en horas de la tarde es diferente proporcionando una temperatura promedio mínima de 22,78°C con una amplitud térmica de 11,79°C, donde se ve claramente la falta de la inercia térmica de la cubierta, dejando alrededor de 9 horas fuera de la zona de confort en horas de la mañana. (Tabla 28)

Tabla 26. Análisis comparativo de la amplitud térmica de la temperatura exterior de la envolvente vertical en la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia

PROMEDIO	TEMPERATURA EXTERIOR SALA VIVIENDA 1			TEMPERATURA EXTERIOR DORMITORIO VIVIENDA 1			TEMPERATURA EXTERIOR VIVIENDA 2		
	MAX °C	MIN °C	AMPLITUD TERMICA °C	MAX °C	MIN °C	AMPLITUD TERMICA °C	MAX °C	MIN °C	AMPLITUD TERMICA °C
	32,84	25,36	7,48	27,88	22,54	5,34	33,86	22,78	11,79
	14,4 HORAS FUERA DE LA ZONA DE CONFORT			4,4 HORAS FUERA DE LA ZONA DE CONFORT			9 HORAS FUERA DE LA ZONA DE CONFORT		

En conclusión las características específicas adecuadas del entorno y el microclima existente, permiten que la temperatura exterior en la envolvente sur del dormitorio obtengan el 84,41% de confort exterior, esta se debe a la poca radiación solar que incide sobre la fachada sur, la existencia de vegetación que permite la evapotranspiración y la generación de sombra, además la brisa fresca por la existencia de los vientos predominantes del sur ayudan al refrescamiento del ambiente interior.

La temperatura exterior en el ambiente norte de la sala tiene un porcentaje de confort reducida con el 44,45%, esto se debe a las características del entorno muy contrarias a la del dormitorio en la misma vivienda 1. Las características térmicas del ambiente exterior en la fachada norte de la vivienda 2, son similares a las condiciones del entorno y micro climáticas de la fachada norte vivienda 1, la diferencia es la influencia directa de la cubierta delgada de zinc, quedando definido un espacio sombreado bajo la cubierta, permitiendo que la temperatura exterior tenga el 66,33% de confort. (Tabla 29)

Tabla 27. Análisis comparativo y cualitativo del porcentaje de horas de confort interior en la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017



El techo es la envolvente que está expuesto a recibir directamente el impacto de los rayos solares, acumula y transfiere el calor hacia el interior de los espacios, además está condicionado por las diferentes temperaturas interiores y exteriores en las cuales se encuentran los ambientes influyendo importantemente en el comportamiento térmico de este elemento constructivo.

Como se observa en la Figura 66 la evolución de las temperaturas interiores del techo de la vivienda 1 marcan una característica similar en su curva sinusoidal, a pesar de registrar temperaturas diferentes tiene un retraso térmico de la energía calorífica hacia el interior en el mismo horario, alcanzando su máxima temperatura en horas de la noche, en cambio la curva de temperatura interna del techo en la vivienda 2 tiene una evolución contraria a la vivienda 1.

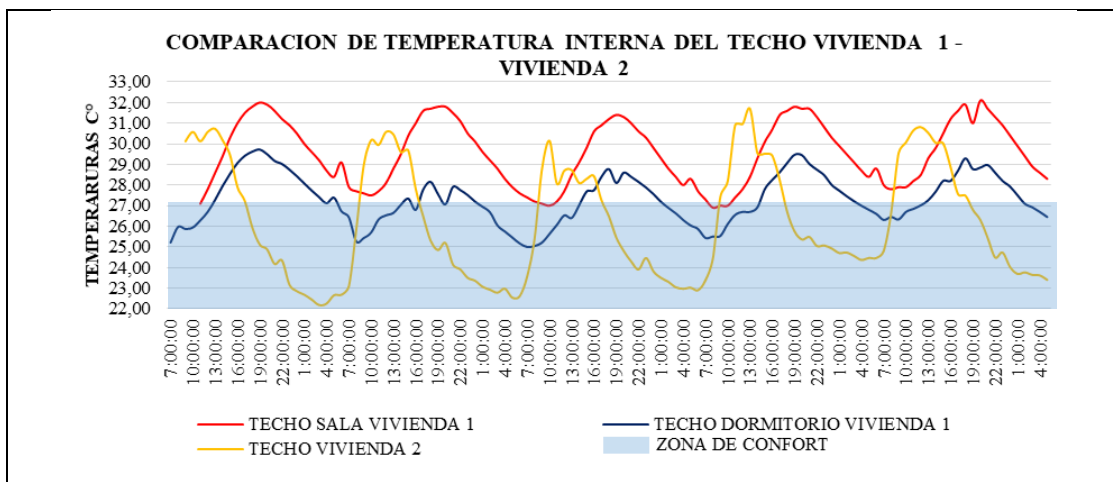


Figura 66. Comparación de temperaturas interior en el techo de la vivienda 1 y vivienda 2 durante los días que se realizaron las mediciones. Elaboración propia 2017.

En la sala el techo de hormigón armado registra un comportamiento térmico de temperatura promedio máxima de 31,62°C y en el dormitorio de 29,27°C registrándose una diferencia de 2,35°C a pesar de ser el mismo elemento constructivo de hormigón armado, como temperatura promedio mínima para la sala es de 27,40°C y en el dormitorio de 25,67°C con una diferencia de temperatura entre los dos espacios de 1,73°C, la amplitud térmica promedio en la sala es de 4,22°C y en el dormitorio es de 3,60°C, amplitudes relativamente pequeñas que permiten que las temperaturas no varíen significativamente durante las 24 horas, generando 21 horas en la cubierta de la sala y 12,80 horas en el dormitorio fuera de la zona de confort.

El techo de la vivienda 2 que es más liviana y delgada (zinc) tiene un comportamiento diferente marcando picos de temperatura con amplitudes más largas que la vivienda 1, las

máximas temperaturas se registran en horas de la mañana con un promedio de 31,03°C y un promedio mínimo durante la noche de 22,97°C lo que da como amplitud térmica promedio 8,06°C, permaneciendo fuera de la zona de confort alrededor de 9 horas, esto evidencia su alta transmitancia y su baja o nula inercia térmica.

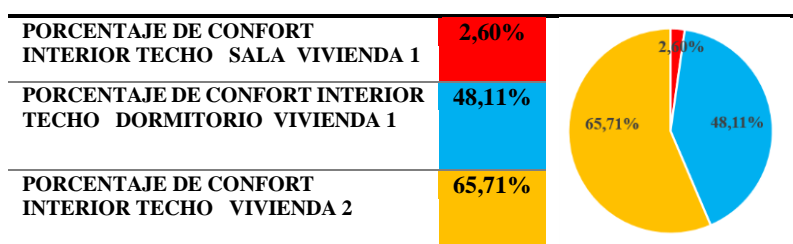
Para los tres casos hay que considerar estrategias pasivas, como ventilación natural, ventilación nocturna y doble cubierta o cubierta ventilada, para minimizar las altas temperaturas que se registran durante la noche en la vivienda 1 y en horas de la mañana en la vivienda 2. (Tabla 30)

Tabla 28. Análisis comparativo de la amplitud térmica de la temperatura interior en el techo de la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia

PROMEDIO	TEMPERATURA INTERIOR TECHO SALA VIVIENDA 1			TEMPERATURA INTERIOR TECHO DORMITORIO VIVIENDA 1			TEMPERATURA INTERIOR TECHO VIVIENDA 2		
	MAX °C	MIN °C	AMPLITUD TERMICA °C	MAX °C	MIN °C	AMPLITUD TERMICA °C	MAX °C	MIN °C	AMPLITUD TERMICA °C
	31,62	27,40	4,22	29,27	25,67	3,60	31,03	22,97	8,06
	21 HORAS FUERA DE LA ZONA DE CONFORT			12,80 HORAS FUERA DE LA ZONA DE CONFORT			9 HORAS FUERA DE LA ZONA DE CONFORT		

En conclusión se observa un comportamiento diferente en los dos sistemas constructivos a nivel de cubierta en la vivienda 1 la cubierta es de hormigón armado y en la vivienda 2 la cubierta es de zinc. De acuerdo al análisis comparativo de las tres mediciones el mejor comportamiento térmico con 65,71% de porcentaje de confort interior registrados a nivel de techo es con el material de zinc, a pesar de ser un material muy delgado y de alta transmitancia y baja inercia térmica hace que gane y pierda calor inmediatamente logrando mantener una temperatura interior a nivel de la cubierta en confort, habría que pensar en mitigar las 9 horas de la mañana en que la cubierta esta fuera de la zona de confort. La temperatura registrada en el techo de hormigón armado de la vivienda 1 marca diferente comportamientos dando distintos porcentajes de confort, en la sala da un promedio de 2,60% y en el dormitorio con 48,11% , a pesar de tener una amplitud térmica similar las temperatura máximas y mínimas difieren aproximadamente con 2°C, las horas de confort en la sala tiene una diferencia de casi el doble que el dormitorio, esto se debe a las condiciones internas de las dos habitaciones anteriormente expuestas. (Tabla 31)

Tabla 29. Análisis comparativo y cualitativo del porcentaje de horas de confort interior en el techo de la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017



El sistema constructivo de las paredes en las dos viviendas son de bloques de cemento enlucidas y pintadas con un espesor de 15 cm., lo que cambia es su cubierta donde la vivienda 1 tiene losa de hormigón armado y la vivienda dos cubierta de zinc a dos aguas, considerando estas características se observa en la Tabla 32 el resumen de los valores promedio de inercia térmica de la envolvente vertical en las dos viviendas, donde para la vivienda 1 los valores para el amortiguamiento es 0,36 (36%) que es el porcentaje de energía calorífica exterior que se manifiesta o pasa al interior de los espacios y el factor de amortiguamiento correspondiente a 64,27% que es el porcentaje de la energía calorífica que se reduce al atravesar la envolvente hacia el interior, en el desfase existe una diferencia de tiempo de alrededor de 3 horas, consecuencia de las características térmicas de la cubierta en la sala y de las condiciones térmicas exteriores que inciden directamente en la fachada norte.

En la vivienda 2 el amortiguamiento es del 45%, 10% más que la vivienda 1 por consiguiente el factor de amortiguamiento es de 55,31%, el desfase es de 1:37:30 este valor difiere con 4 horas con el desfase del dormitorio y con 1 hora con el desfase de la sala. Los valores calculados en las tablas de YTONG que toman como referencia las características propias de los materiales de construcción, la masa, densidad y calor específico que (kW/m^2), dando como resultado valores próximos a los calculados con los datos registrados en los 6 días de mediciones.

Tabla 30. Análisis comparativo de la inercia térmica de la envolvente vertical de la vivienda 1 y vivienda 2. Elaboración propia 2017

COMPARACION DE LA INERCIA TERMICA DE LA ENVOLVENTE VERTICAL			
SECTOR	DESFASE	AMORTIGUAMIENTO	FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO
SALA VIVIENDA 1	2:38:58	0,36	64,27%
DORMITORIO VIVIENDA 1	5:48:11	0,36	64,27%
VIVIENDA 2	1:37:30	0,45	55,31%

SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA ENVOLVENTE VERTICAL	4:36:00	0,41	59,00%
TABLA YTONG			

3.4. Análisis Sistémico de los casos de estudio

Una vez evaluado el comportamiento térmico de los sistemas constructivos de las viviendas de estudio se determinó la utilización de estrategias pasivas para mejorar las condiciones de confort interior de las viviendas, se utilizó el software Design Builder 5.5.0.012 - Energy Plus 8.6, para las simulaciones de las condiciones internas y externas del estado actual de las viviendas para luego aplicar las estrategias pasivas de sombra, ventilación natural y ventilación nocturna. En los dos casos de estudio se estableció la posición geográfica de Puerto Baquerizo Moreno, ingresando el archivo climático (PUERTO_BAQUERIZO_MORENO-hour.epw) del año tipo 2005, además se consideró las simulaciones en el mes de junio en las mismas fechas de las mediciones in-situ.

Para las simulaciones se consideró principalmente el sistema constructivo de la envolvente vertical y las cubiertas, para lo que se asignó los materiales y las propiedades térmicas de cada una de sus capas de acuerdo a los valores establecidos anteriormente en el numeral 3.2 del Capítulo III en la materialidad de los casos de estudio, ingresando los mismos datos del coeficiente de conductividad térmica, densidad, calor específico y espesor, generando el cálculo del valor U ($W/m^2 \cdot K$) igual al obtenido hoja de cálculo de YTONG (Figura 67).

The image shows two screenshots from the Design Builder software. The left screenshot displays the material definition for 'PARED EXTERIOR' with five layers:

- Capa más externa: PINTURA LATEX, Espesor (m): 0.0010
- Capa 2: MORTERO DE CEMENTO, Espesor (m): 0.0200
- Capa 3: BLOQUE DE CONCRETO, Espesor (m): 0.1000
- Capa 4: MORTERO DE CEMENTO, Espesor (m): 0.0200
- Capa más interna: PINTURA LATEX, Espesor (m): 0.0010

The right screenshot shows the condensation analysis results for the 'PARED EXTERIOR' system:

Cerramientos	
Análisis de condensación	
Capas	Propiedades superficiales
Superficie interior	
Coefficiente de transferencia de calor ...	2,152
Coefficiente de transferencia de calor ...	5,540
Resistencia superficial ($m^2 \cdot K/W$)	0,130
Superficie exterior	
Coefficiente de transferencia de calor ...	19,870
Coefficiente de transferencia de calor ...	5,130
Resistencia superficial ($m^2 \cdot K/W$)	0,040
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie ($W/m^2 \cdot K$)	4,024
Valor R ($m^2 \cdot K/W$)	0,419
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	2,389
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Espesor (m)	0,1420
Km - Capacidad térmica interna ($KJ/m^2 \cdot K$)	118,8104
Límite superior de resistencia ($m^2 \cdot K/W$)	0,419
Límite inferior de resistencia ($m^2 \cdot K/W$)	0,419
Valor U de superficie a superficie ($W/m^2 \cdot K$)	4,024
Valor R ($m^2 \cdot K/W$)	0,419
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	2,389

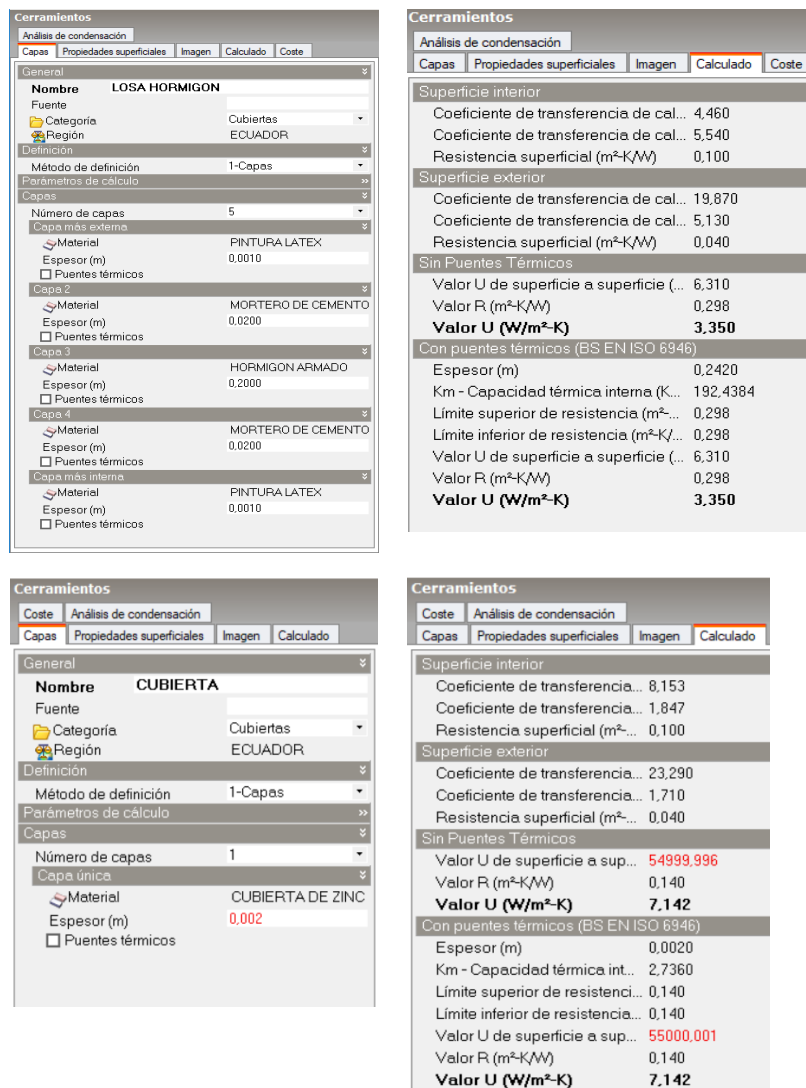


Figura 67. Cálculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la envolvente vertical y horizontal (cubierta) de la vivienda 1 y vivienda 2. Fuente propia con datos de la simulación térmica Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

Estrategias pasivas para los casos de estudio vivienda 1.

Una vez ingresado la geometría del modelo de la vivienda 1 en software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6, se especificó claramente las zonas térmicas de la vivienda, con el objetivo de obtener un análisis lo más aproximado a las mediciones registradas in-situ, realizando una calibración de los datos climáticos para ajustar los valores simulados a los valores obtenidos en las mediciones reales, consiguiendo una diferencia de datos simulados desde 0,66°C a 3°C, además no se consideró en el caso de la vivienda 1 en la fachada sur la existencia de vegetación alta que en las mediciones in-situ modificaron el comportamiento térmico dentro del dormitorio medido. Esta oscilación permitió tomar como base los datos de la simulación de la vivienda 1 en condiciones reales, para proponer

en la simulación la estrategia pasiva de sombra especialmente en la zona de la sala y el dormitorio 2 (Figura 68).

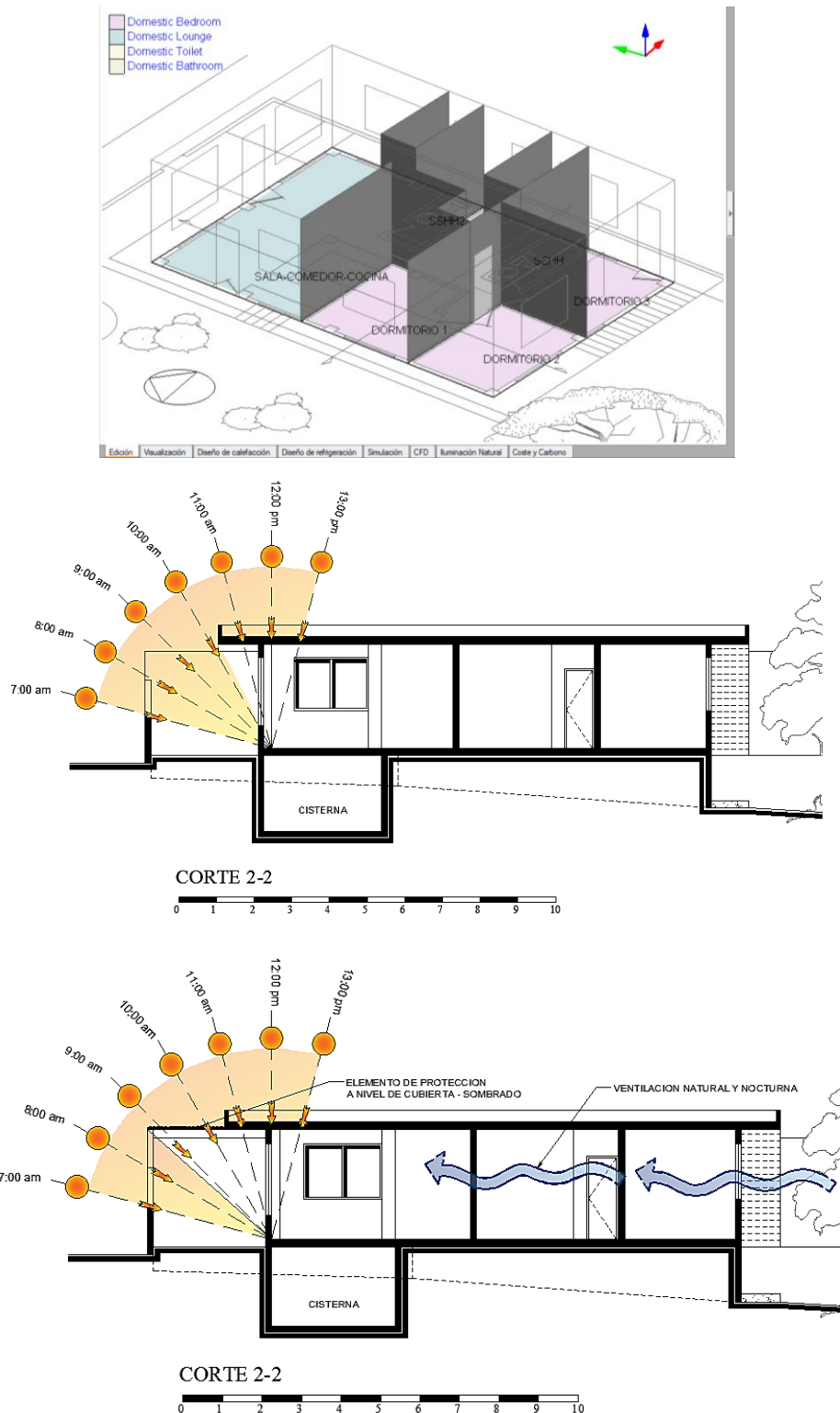


Figura 68. Detalle de la radiación solar directa sobre la envolvente vertical norte de la vivienda 1, detalle de la propuesta de la estrategia pasiva de sombreado y ventilación natural y nocturna. Elaboración propia 2017

Como se observa en la Figura 69, las curvaturas de las temperaturas del aire interior en las simulaciones de la vivienda 1 en estado original en contraste con la curvatura de las

temperaturas interiores de la vivienda 1 con la estrategia pasiva de sombra, da como resultado una oscilación similar con variaciones de temperatura no significativas entre temperaturas, presentándose las temperaturas altas a partir de las 17:00 PM hasta las 3:00 AM, producto de la inercia térmica de la envolvente vertical y horizontal, este desfase de temperatura en el interior de la vivienda 1 es consecuencia de la alta radiación solar directa en los dos primeros días 12 y 13 de junio y los dos últimos días 17 y 18 de junio de acuerdo a la simulación, dejando estos 4 días fuera de la zona de confort.

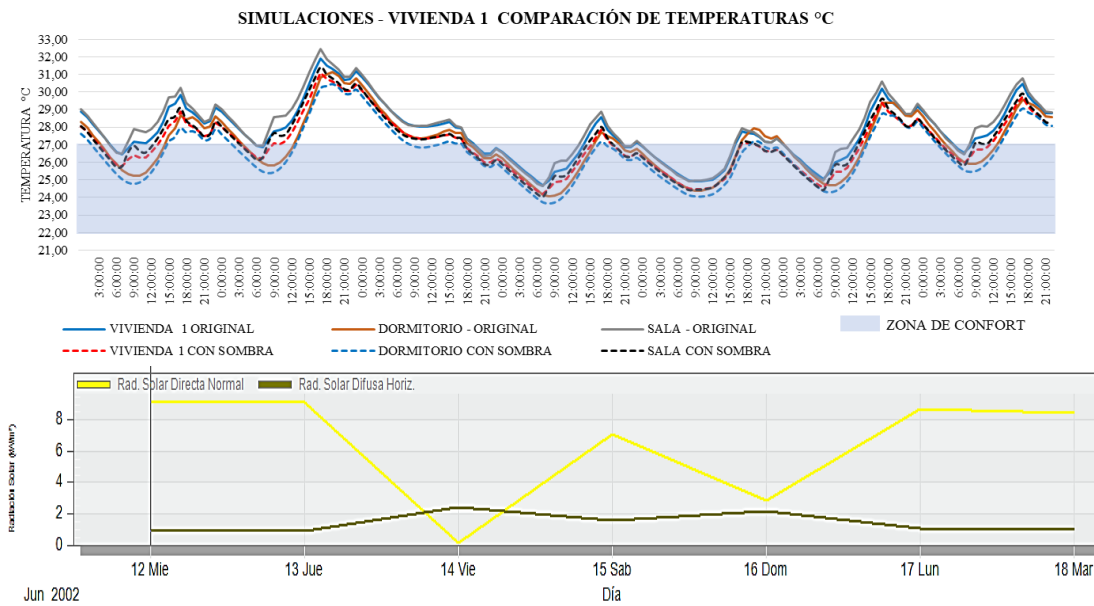


Figura 69. Comparación de temperaturas internas de la simulación en las dos zonas térmicas y de la vivienda 1 realizadas desde el 12 de junio hasta el 18 de junio del 2005, Grafica de la radiación solar directa y difusa datos registrados en la simulación térmica con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Elaboración propia 2018 con datos de las simulaciones.

En la Tabla 33 se presentan las temperaturas internas diarias máximas, mínimas y promedios y los totales de horas diarias sin confort en los 7 días de simulaciones, registradas desde el 12/06/2005 hasta el 18/06/2005, siendo el día 13/06/2005 con la temperatura interior más alta de 31,91°C para la vivienda 1 original alcanzando 22 horas fuera de confort, para la vivienda 1 con sombra se registró la máxima temperatura interna de 31,07°C y 17 horas fuera de confort, el día 15/06/2005 se registró la temperatura interna más baja con 24,71°C con 7 horas fuera de confort para la vivienda original y para la vivienda con sombreado la temperatura mínima es de 24,18 °C, logrando alcanzar 3 horas fuera de confort.

La reducción de la temperatura interna para la vivienda 1 con sombra no es significativa ya que registra valores no mayores a 1°C con relación a la vivienda original, en cuanto a la reducción de las horas sin confort los valores registrados en la simulación térmica

alcanzan a reducir de 3 a 5 horas aplicando la estrategia pasiva de sombreado en toda la vivienda.

Tabla 31. Resumen comparativo de las temperaturas internas máximas, mínimas, promedios y el total de horas fuera de confort diarias de las simulaciones térmicas de la vivienda 1 original y de la vivienda 1 con la estrategia pasiva de sombra. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

	VIVIENDA 1 ORIGINAL				VIVIENDA 1 CON SOMBRA		
	VIVIENDA 1	DORMITORIO	SALA ORIGINAL		VIVIENDA 1 CON SOMBRA	DORMITORIO CON SOMBRA	SALA CON SOMBRA
	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C		Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C
12/6/2005	MAX	29,84	28,67	30,25	28,89	27,95	29,09
	MIN	26,45	25,22	26,50	25,79	24,78	25,74
	PRO	27,99	26,99	28,28	27,19	26,45	27,32
HORAS SIN CONFORT		19,00	12,00	20,00	12,00	10,00	13,00
13/6/2005	MAX	31,91	31,14	32,42	31,07	30,45	31,39
	MIN	26,86	25,82	26,93	26,23	25,39	26,15
	PRO	29,09	28,15	29,43	28,35	27,65	28,54
HORAS SIN CONFORT		22,00	15,00	22,00	17,00	13,00	18,00
14/6/2005	MAX	31,17	30,77	31,36	30,40	30,14	30,47
	MIN	26,47	26,21	26,38	25,99	25,74	25,86
	PRO	28,44	27,97	28,47	27,79	27,43	27,74
HORAS SIN CONFORT		21,00	20,00	21,00	19,00	19,00	19,00
15/6/2005	MAX	28,55	27,72	28,87	27,83	27,18	28,00
	MIN	24,71	24,08	24,63	24,18	23,66	24,04
	PRO	26,41	25,74	26,57	25,81	25,31	25,87
HORAS SIN CONFORT		7,00	5,00	7,00	3,00	1,00	4,00
16/6/2005	MAX	27,77	27,94	27,95	27,07	27,19	27,15
	MIN	24,92	24,39	24,92	24,47	24,05	24,41
	PRO	26,19	25,85	26,23	25,65	25,38	25,63
HORAS SIN CONFORT		7,00	6,00	8,00	0,00	2,00	2,00
17/6/2005	MAX	30,18	29,39	30,60	29,38	28,77	29,61
	MIN	25,07	24,68	24,97	24,58	24,30	24,44
	PRO	27,30	26,81	27,52	26,69	26,35	26,78
HORAS SIN CONFORT		12,00	10,00	11,00	9,00	8,00	9,00
18/6/2005	MAX	30,46	29,58	30,79	29,73	29,06	29,89
	MIN	26,54	25,90	26,47	25,95	25,46	25,81
	PRO	28,35	27,68	28,55	27,70	27,22	27,78
HORAS SIN CONFORT		21,00	15,00	22,00	15,00	13,00	18,00
PROMEDIO HORAS SIN CONFORT		15,57	11,86	15,86	10,71	9,43	11,86

En la Tabla 34 se observa como la estrategia pasiva de sombra en las simulaciones térmicas de la vivienda 1 intervienen en la mejora del confort interno de la vivienda 1, reduciendo las horas fuera de confort que van desde 2 horas como mínimo hasta 7 horas como máximo, siendo el día 12/06/2005 y el día 16/06/2005 con el máximo valor de 7 horas de confort mejoradas.

De acuerdo al Anexo 8 donde se presentan el resumen diario de las temperaturas internas obtenidas de la simulación térmicas, grafican que las altas temperaturas se producen durante las horas de la noche y la madrugada debido a la inercia térmica del sistema constructivo, gracias a esto las horas fuera de confort de la vivienda 1 que no se pudo mejorar con sombra se las puede atenuar con ventilación nocturna.

Tabla 32. Resumen de las horas sin confort y horas en confort que se obtuvieron con la estrategia pasiva de sombra en la vivienda 1. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

FECHA	HORAS	VIVIENDA 1 ORIGINAL			VIVIENDA 1 CON SOMBRA		
		VIVIE NDA 1	DORMITOR IO ORIGINAL	SALA ORIGI NAL	VIVIENDA 1 CON SOMBRA	DORMIT ORIO CON SOMBRA	SALA CON SOMBRA
12/6/2005	HORAS SIN CONFORT	19,00	12,00	20,00	12,00	10,00	13,00
	HORAS EN CONFORT	5,00	12,00	4,00	12,00	14,00	11,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA				7,00	2,00	7,00
13/6/2005	HORAS SIN CONFORT	22,00	15,00	22,00	17,00	13,00	18,00
	HORAS EN CONFORT	2,00	9,00	2,00	7,00	11,00	6,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA				5,00	2,00	4,00
14/6/2005	HORAS SIN CONFORT	21,00	20,00	21,00	19,00	19,00	19,00
	HORAS EN CONFORT	3,00	4,00	3,00	5,00	5,00	5,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA				2,00	1,00	2,00
15/6/2005	HORAS SIN CONFORT	7,00	5,00	7,00	3,00	1,00	4,00
	HORAS EN CONFORT	17,00	19,00	17,00	21,00	23,00	20,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA				4,00	4,00	3,00
16/6/2005	HORAS SIN CONFORT	7,00	6,00	8,00	0,00	2,00	2,00
	HORAS EN CONFORT	17,00	18,00	16,00	24,00	22,00	22,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA				7,00	4,00	6,00
17/6/2005	HORAS SIN CONFORT	12,00	10,00	11,00	9,00	8,00	9,00
	HORAS EN CONFORT	12,00	14,00	13,00	15,00	16,00	15,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA				3,00	2,00	2,00
18/6/2005	HORAS SIN CONFORT	21,00	15,00	22,00	15,00	13,00	18,00
	HORAS EN CONFORT	3,00	9,00	2,00	9,00	11,00	6,00

HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA	6,00	2,00	4,00
--	------	------	------

De acuerdo a la Tabla 35 se observa los resultados obtenidos en las simulaciones térmicas de la vivienda 1 original, el resultado final de horas en confort llegó al 32,12% dejando un 64,88% fuera de la zona de confort, en cambio el resultado de las simulaciones aplicando la estrategia de sombra mejoro un 20,24%, obteniendo un porcentaje de horas de confort del 55,36% en las simulación de la vivienda 1.

Tabla 33. Resumen del porcentaje de horas de confort de la vivienda 1 original y de la vivienda 1 con sombreado, datos obtenidos en las simulaciones con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Fuente propia 2018

VIVIENDA 1 ORIGINAL		VIVIENDA 1 CON SOMBREADO		
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	HORAS SIN CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	SIN CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS MEJORADAS
35,12%	64,88%	55,36%	44,64%	20,24%
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO	HORAS SIN CONFORT DORMITORIO	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO	SIN CONFORT DORMITORIO	
50,60%	49,40%	60,71%	39,29%	10,11%
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT SALA	HORAS SIN CONFORT SALA	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT SALA	SIN CONFORT SALA	
33,93%	66,07%	50,60%	49,40%	16,67%

Estrategias pasivas para los casos de estudio vivienda 2.

Para el ingreso de modelo de la vivienda 2 se tomó los mismos parámetros ingresados en software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6 del primer modelo, especificando de igual manera las zonas térmicas, en este caso se consideró los datos in-situ de temperatura de la cubierta de zinc debido a que este elemento constructivo posee baja o nula inercia térmica que influye directamente en las condiciones térmicas interiores de la vivienda 2 minimizando el comportamiento térmico de las envolvente vertical, se consideró estos datos para tener una aproximación de las simulaciones ya calibradas con la primera vivienda1 consiguiendo una diferencia de datos simulados desde 0,03°C a 4°C. No se consideró los días de la simulación de alta radiación solar directa ya que la diferencia de datos era demasiado alta, pero de igual manera se realizó la simulación con la estrategia pasiva de sombra para toda la vivienda 2 (Figura 70).

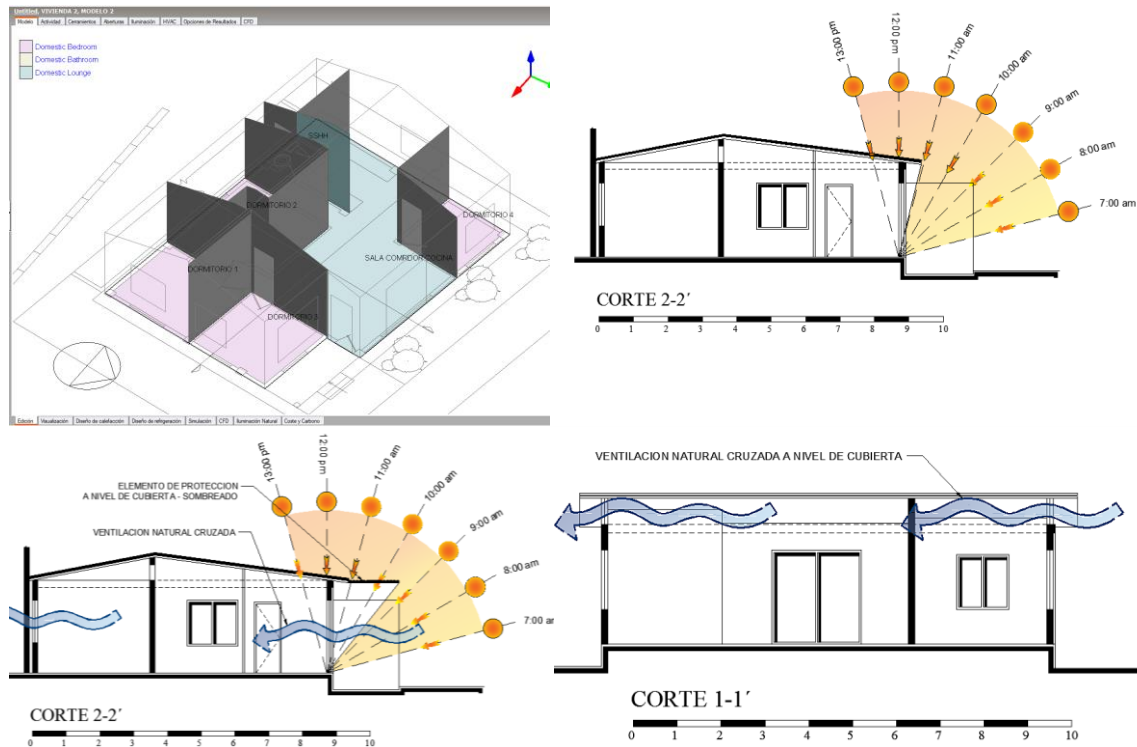


Figura 70. Detalle del modelo de la vivienda 2, detalle de la radiación solar directa sobre la envolvente vertical norte de la vivienda 2, detalle de la propuesta de la estrategia pasiva de sombreado y ventilación natural y nocturna aplicados en las simulaciones térmicas con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.. Elaboración propia 2017

En la figura 71 se observa la evolución de las curvaturas de la temperatura de aire interior en la vivienda 2 en las simulaciones en estado original contrastando con la curvatura de las temperaturas interiores de la vivienda 2 con la estrategia pasiva de sombra, da como resultado una oscilación diaria bien diferenciada consecuencia de la radiación solar directa sobre la vivienda especialmente en horas del mediodía dejando estas horas fuera de la zona de confort, esta condición no permitiría utilizar la ventilación nocturna como estrategia pasiva.

La diferencia de temperaturas entre las dos simulaciones no es significativa debido a que la cubierta de zinc tiene una alta transmitancia térmica de 7,14 (W/m²*K), además de no tener inercia térmica, dejando ingresar y salir con facilidad el calor, por lo tanto la estrategia pasiva de sombra no incide de forma importante dentro del bienestar y confort térmico interior, por lo que hay que considerar la propuesta de cubierta ventilada.

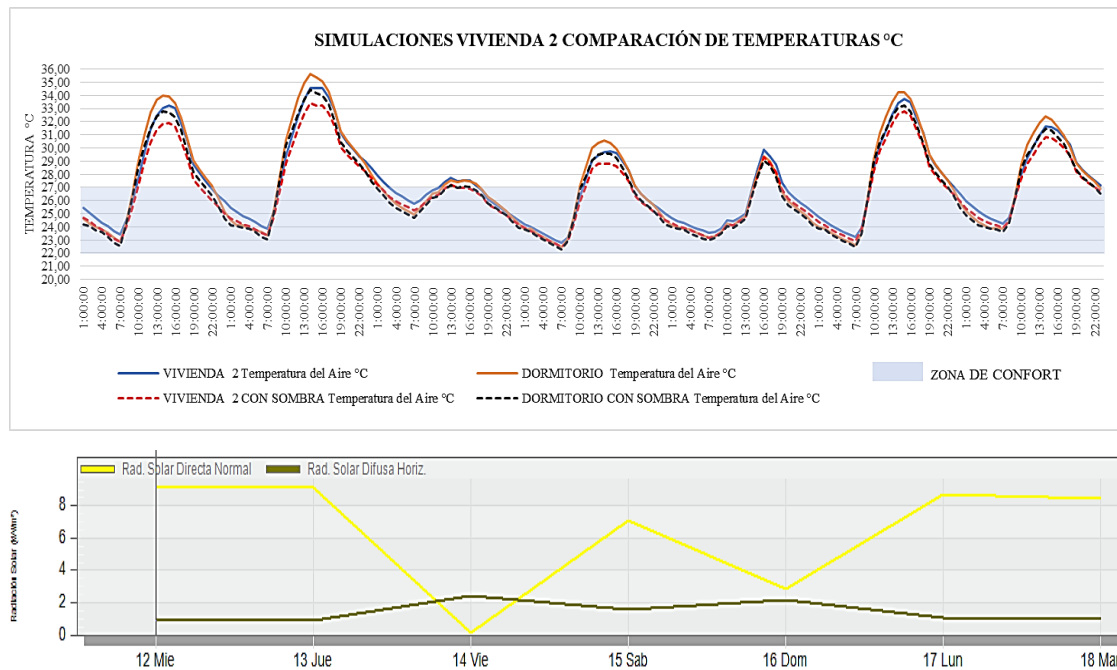


Figura 71. Comparación de temperaturas internas de la simulación de la vivienda 2 realizadas desde el 12 de junio hasta el 18 de junio del 2005, Grafica de la radiación solar directa y difusa datos registrados en la simulación térmica con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Elaboración propia 2018 con datos de las simulaciones.

Como se observa en la Tabla 36 las temperaturas internas diarias máximas, mínimas y promedios y los totales de horas diarias sin confort en los 7 días de simulaciones, registradas desde el 12/06/2005 hasta el 18/06/2005, siendo el día 13/06/2005 con la temperatura interior más alta de 34,59°C para la vivienda 2 original alcanzando 15 horas fuera de confort, para la vivienda 2 con sombra se registró la máxima temperatura interna de 33,43°C y 14 horas fuera de confort, el día 15/06/2005 se registró la temperatura interna más baja con 22,48°C con 8 horas fuera de confort para la vivienda 2 original y para la vivienda 2 con sombreado la temperatura mínima es de 24,48 °C, logrando alcanzar 8 horas fuera de confort.

La reducción de la temperatura interna para la vivienda 2 con sombra no es significativa ya que registra valores no mayores a 1°C con relación a la vivienda original, en cuanto a la reducción de las horas sin confort los valores registrados en la simulación térmica alcanzan a reducir de 1 a 5 horas, debemos tomar en cuenta la amplitud térmica interior en la vivienda 2 que alcanza alrededor de los 10°C lo que permite mantener un promedio menor de horas fuera de confort que la vivienda 1.

Tabla 34. Resumen comparativo de las temperaturas internas máximas, mínimas, promedios y el total de horas fuera de confort diarias de las simulaciones térmicas de la vivienda 2 original y de la vivienda 2 con la estrategia pasiva de sombra. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

Fecha	VIVIENDA 2 ORIGINAL			VIVIENDA 2 CON SOMBRA	
	VIVIENDA 2	DORMITORIO		VIVIENDA 2 CON SOMBRA	DORMITORIO CON SOMBRA
		Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C
12/6/2005	MAX	33,20	34,00	31,87	32,76
	MIN	23,43	22,85	22,83	22,53
	PRO	27,90	28,10	27,02	27,43
HORAS SIN CONFORT		12,00	13,00	11,00	11,00
13/6/2005	MAX	34,59	35,66	33,43	34,44
	MIN	23,88	23,34	23,34	23,02
	PRO	29,04	29,18	28,21	28,56
HORAS SIN CONFORT		15,00	15,00	14,00	15,00
14/6/2005	MAX	28,50	27,96	27,73	27,50
	MIN	24,81	24,68	24,53	24,38
	PRO	26,70	26,37	26,18	26,02
HORAS SIN CONFORT		9,00	8,00	3,00	4,00
15/6/2005	MAX	29,73	30,55	28,81	29,63
	MIN	22,77	22,47	22,48	22,30
	PRO	26,08	26,23	25,56	25,79
HORAS SIN CONFORT		8,00	10,00	8,00	8,00
16/6/2005	MAX	29,85	29,35	29,28	29,06
	MIN	23,56	23,16	23,20	22,97
	PRO	25,60	25,17	25,20	24,95
HORAS SIN CONFORT		5,00	4,00	4,00	4,00
17/6/2005	MAX	33,73	34,25	32,79	33,23
	MIN	23,21	22,58	22,92	22,50
	PRO	27,92	27,92	27,37	27,43
HORAS SIN CONFORT		13,00	13,00	12,00	12,00
18/6/2005	MAX	31,62	32,40	30,83	31,44
	MIN	24,27	23,85	23,92	23,63
	PROM	27,76	27,72	27,21	27,25
HORAS SIN CONFORT		18,00	14,00	13,00	12,00
PROM HORAS SIN CONFORT		11,43	11,00	9,29	9,43

En la Tabla 37 se observa la comparación entre las horas en confort, horas sin confort y las horas que se logra mejorar con la estrategia pasiva de sombra en las simulaciones térmicas. Para la vivienda 2 con sombra se logra mejorar 1 hora en la mayoría de los días, para el día 14/6/2005 se obtuvo mejorar 6 horas quedando en 21 horas dentro de la zona de confort, el día 13/6/2005 se tiene el valor más alto de 14 horas fuera de confort. A

pesar de que los valores en horas mejoradas en confort no son tan significativas en la mayoría de los días, se puede decir que se tiene más del 50% de horas dentro de la zona de confort.

De acuerdo al Anexo 9 donde se presentan el resumen diario de las temperaturas internas obtenidas de la simulación térmica, grafican que las altas temperaturas se producen desde las 10:00 de la mañana hasta las 18:00 en la tarde, debido a las características térmicas de la cubierta de zinc su nula inercia térmica y su alta transmitancia térmica ($U= 7,14 \text{ W/m}^2\text{*K}$), se hace necesario repensar en la materialidad de la cubierta.

Tabla 35. Resumen de las horas sin confort y horas en confort que se obtuvieron con la estrategia pasiva de sombra en la vivienda 2. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

FECHA	HORAS	VIVIENDA 2 ORIGINAL		VIVIENDA 2 CON SOMBRA	
		VIVIENDA 2	DORMITORIO	VIVIENDA 2 CON SOMBRA	DORMITORIO CON SOMBRA
12/6/2005	HORAS SIN CONFORT	12,00	13,00	11,00	11,00
	HORAS EN CONFORT	12,00	11,00	13,00	13,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA			1,00	2,00
13/6/2005	HORAS SIN CONFORT	15,00	15,00	14,00	15,00
	HORAS EN CONFORT	9,00	9,00	10,00	9,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA			1,00	0,00
14/6/2005	HORAS SIN CONFORT	9,00	8,00	3,00	4,00
	HORAS EN CONFORT	15,00	16,00	21,00	20,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA			6,00	4,00
15/6/2005	HORAS SIN CONFORT	8,00	10,00	8,00	8,00
	HORAS EN CONFORT	16,00	14,00	16,00	16,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA			0,00	2,00
16/6/2005	HORAS SIN CONFORT	5,00	4,00	4,00	4,00
	HORAS EN CONFORT	19,00	20,00	20,00	20,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA			1,00	0,00
17/6/2005	HORAS SIN CONFORT	13,00	13,00	12,00	12,00
	HORAS EN CONFORT	11,00	11,00	12,00	12,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA			1,00	1,00
18/6/2005	HORAS SIN CONFORT	18,00	14,00	13,00	12,00
	HORAS EN CONFORT	6,00	10,00	11,00	12,00
	HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON LA ESTRATEGIA PASIVA DE SOMBRA			5,00	2,00

En la Tabla 38 se observa el resumen de los resultados obtenidos en las simulaciones

térmicas de la vivienda 2 original, resumiendo sus horas de confort a 52,38% y dejando fuera de la zona de confort a 47,62%, en la segunda simulación aplicando la estrategia de sombra los resultados de mejora fueron del 8,93%, donde las horas dentro de la zona de confort alcanzaron el 61,31% quedando fuera de la zona de confort un porcentaje de 38,69%, resultado que no es representativo por lo que es necesario considerar mejorar la cubierta debido a sus condiciones térmicas desfavorables.

Tabla 36. Resumen del porcentaje de horas de confort de la vivienda 2 original y de la vivienda 2 con sombreado, datos obtenidos en las simulaciones con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Fuente propia 2018

VIVIENDA 2 ORIGINAL		VIVIENDA 2 CON SOMBRA		PORCENTAJE DE HORAS MEJORADAS
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 2	SIN CONFORT VIVIENDA 2	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 2	SIN CONFORT VIVIENDA 2	
52,38%	47,62%	61,31%	38,69%	8,93%
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO	SIN CONFORT DORMITORIO	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO	SIN CONFORT DORMITORIO	
54,17%	45,83%	60,71%	39,29%	6,55%

3.5. Análisis de las simulaciones digitales

Para la ejecución de la simulación térmica final de las viviendas 1 y 2 se consideró el cambio de la materialidad de la cubierta y del piso, no se consideró el cambio de la materialidad de la envolvente vertical o paredes ya que los resultados del análisis de las mediciones in-situ y los resultados de los cálculos de comportamiento térmico de las paredes cuyos valor calculado para la transmitancia térmica descrito en el Capítulo II es de 2,39 W/ (m2K) el mismo que se ajusta a la recomendación del IRAM 11605, ASHRAE 2001 Y ST 55 y la ISO 7726 Y 7730 W/ (m2K) y de la NEC-11, lo que sugiere que el sistema constructivo en las paredes no necesita ser modificado.

Simulación con sistemas constructivos propuesto

Las simulaciones finales del comportamiento térmico con el sistema constructivo mejorado de las vivienda 1 y 2 se las realizo utilizando el mismo interfaz de las simulaciones de la vivienda original y con la estrategia de sombra en los dos casos, los únicos cambios realizados fueron en la geometría del modelo donde se le adiciono 50 cm. más a la altura de la vivienda 1 y se colocaron elementos para ventilación de la cubierta sobre el elemento del sombreado en la fachada norte y sur, a la vivienda 2 se mantuvo la altura original pero se colocaron en las fachadas este y oeste aberturas al nivel de la cubierta para generar ventilación cruzada (Figura 72).

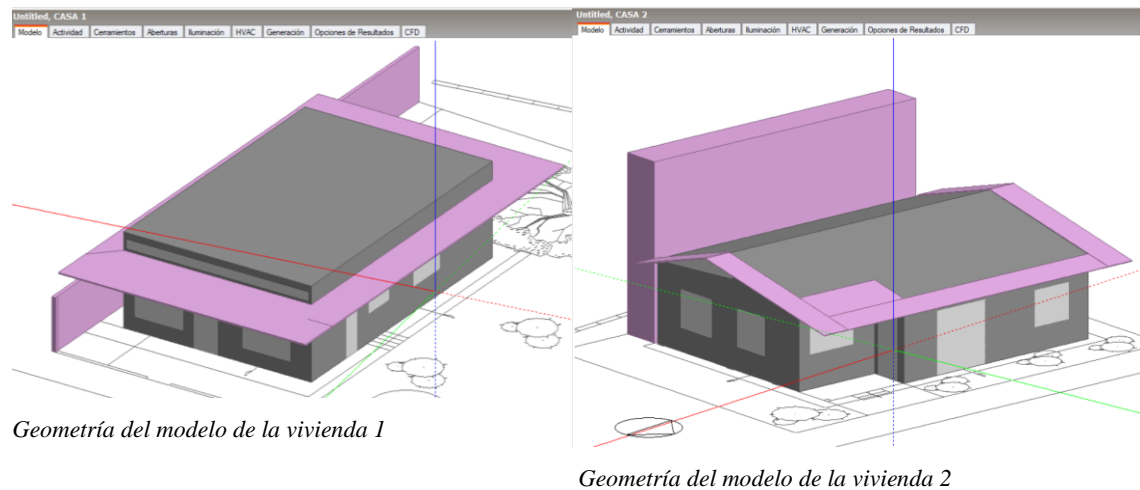


Figura 72. Geometría del modelo software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. de la vivienda 1 y vivienda 2 con el sistema constructivo mejorado. Fuente propia 2018

En la Figura 73 se muestra los datos ingresados de la materialidad del sistema constructivo de la losa, la cubierta inclinada y el piso, siendo estos de menor espesor y más ligeros, en el primer caso se adoptó la cubierta de losa compuesta o colaborante adicional a este se dejó un cielo raso falso de madera dejando una espacio de separación de 30 cm como cámara de aire ventilada que permitiría reducir el flujo de calor que atraviesa desde el exterior por la losa por convección para luego disiparla por la cámara de aire por ventilación cruzada por medio de aberturas hacia el exterior, orientadas hacia el sur y norte para aprovechar el flujo de vientos predominantes.

Para la cubierta inclinada de zinc se planteó el uso de doble capa o cubierta ventilada, siendo esta estrategia pasiva la más utilizada en clima cálido húmedo, es una cubierta ligera soportada por una estructura de madera o metálica la capa externa es una lámina metálica con un recubrimiento de zinc de 3mm de espesor, dejando una separación con una cámara de aire de 10 cm. y una capa interna de madera triplex.

En cuanto al piso se pensó elevar a las viviendas del terreno sobre pilotes con la idea de tener un piso ventilado como estrategia pasiva muy utilizada en la construcción vernácula en clima cálido húmedo, utilizando el mismo sistema constructivo de la losa colaborante.

Cerramientos

Análisis de condensación

Capas | Propiedades superficiales | Imagen | Calculado | Coste

General

Nombre LOSA HORMIGON PROPUESTO

Fuente

Categoría Cubiertas

Región ECUADOR

Definición

Método de definición 1-Capas

Parámetros de cálculo

Capas

Número de capas 6

Capa más externa

Material PINTURA LATEX

Espesor (m) 0.0010

Puentes térmicos

Capa 2

Material MORTERO DE CEMENTO

Espesor (m) 0.0200

Puentes térmicos

Capa 3

Material HORMIGON ARMADO

Espesor (m) 0.0500

Puentes térmicos

Capa 4

Material Steel

Espesor (m) 0.0200

Puentes térmicos

Capa 5

Material Air gap 300mm (downwards)

Espesor (no usado en cálculos térmico) 0.3000

Capa más interna

Material 0.625 in. Plywood (douglas fir)

Espesor (m) 0.0159

Puentes térmicos

Cerramientos

Análisis de condensación

Capas | Propiedades superficiales | Imagen | Calculado

Superficie interior

Coefficiente de transferencia d... 4,460

Coefficiente de transferencia d... 5,540

Resistencia superficial (m²-K/W) 0,100

Superficie exterior

Coefficiente de transferencia d... 19,870

Coefficiente de transferencia d... 5,130

Resistencia superficial (m²-K/W) 0,040

Sin Puentes Térmicos

Valor U de superficie a superfi... 2,323

Valor R (m²-K/W) 0,570

Valor U (W/m²-K) 1,753

Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)

Espesor (m) 0,4069

Km - Capacidad térmica intern... 16,1417

Límite superior de resistencia (... 0,570

Límite inferior de resistencia (... 0,570

Valor U de superficie a superfi... 2,323

Valor R (m²-K/W) 0,570

Valor U (W/m²-K) 1,753

Cerramientos

Análisis de condensación

Capas | Propiedades superficiales | Imagen | Calculado | Coste

General

Nombre CUBIERTA MEJORADA

Fuente

Categoría Cubiertas

Región ECUADOR

Definición

Método de definición 1-Capas

Parámetros de cálculo

Capas

Número de capas 3

Capa más externa

Material CUBIERTA DE ZINC

Espesor (m) 0.0030

Puentes térmicos

Capa 2

Material Air gap 100mm (downwards)

Espesor (no usado en cálculos térmico) 0.1000

Capa más interna

Material 0.5 in. Plywood (douglas fir)

Espesor (m) 0.0127

Puentes térmicos

Cerramientos

Análisis de condensación

Capas | Propiedades superficiales | Imagen | Calculado | Coste

Superficie interior

Coefficiente de transferencia de calor... 4,460

Coefficiente de transferencia de calor... 5,540

Resistencia superficial (m²-K/W) 0,100

Superficie exterior

Coefficiente de transferencia de calor... 23,290

Coefficiente de transferencia de calor... 1,710

Resistencia superficial (m²-K/W) 0,040

Sin Puentes Térmicos

Valor U de superficie a superficie (W... 2,769

Valor R (m²-K/W) 0,501

Valor U (W/m²-K) 1,995

Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)

Espesor (m) 0,1157

Km - Capacidad térmica interna (K.J... 10,9830

Límite superior de resistencia (m²-K/W) 0,501

Límite inferior de resistencia (m²-K/W) 0,501

Valor U de superficie a superficie (W... 2,769

Valor R (m²-K/W) 0,501

Valor U (W/m²-K) 1,995

Cerramientos

Análisis de condensación

Capas | Propiedades superficiales | Imagen | Calculado | Coste

General

Nombre CONTRAPISO

Fuente

Categoría Suelos (sobre terreno)

Región ECUADOR

Definición

Método de definición 1-Capas

Parámetros de cálculo

Capas

Número de capas 5

Capa más externa

Material Ceramic/clay tiles - cerami

Espesor (m) 0.0060

Puentes térmicos

Capa 2

Material MORTERO DE CEMENTO

Espesor (m) 0.0200

Puentes térmicos

Capa 3

Material HORMIGON ARMADO

Espesor (m) 0.0700

Puentes térmicos

Capa 4

Material Steel

Espesor (m) 0.0001

Puentes térmicos

Capa más interna

Material Air gap 300mm (downw

Espesor (no usado en cálculos té... 0.8000

Cerramientos

Análisis de condensación

Capas | Propiedades superficiales | Imagen | Calculado | Co

Superficie interior

Coefficiente de transferencia de cal... 0,342

Coefficiente de transferencia de cal... 5,540

Resistencia superficial (m²-K/W) 0,170

Superficie exterior

Coefficiente de transferencia de cal... 19,870

Coefficiente de transferencia de cal... 5,130

Resistencia superficial (m²-K/W) 0,040

Sin Puentes Térmicos

Valor U de superficie a superficie (... 3,380

Valor R (m²-K/W) 0,506

Valor U (W/m²-K) 1,977

Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)

Espesor (m) 0,8961

Km - Capacidad térmica interna (K.J... 0,0000

Límite superior de resistencia (m²-K... 0,506

Límite inferior de resistencia (m²-K/W) 0,506

Valor U de superficie a superficie (... 3,380

Valor R (m²-K/W) 0,506

Valor U (W/m²-K) 1,977

Figura 73. Cálculo del comportamiento térmico del sistema constructivo de la cubierta plana de la vivienda 1, de la cubierta inclinada de la vivienda 2 y el piso mejorado de las dos viviendas. Fuente propia con datos de la simulación térmica Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

Simulación vivienda 1 y vivienda 2 mejorado el sistema constructivo

De acuerdo a los resultados de las dos simulaciones se presenta la evolución de las temperaturas registradas en las simulaciones de las dos viviendas con el sistema constructivo propuesto, comparadas con los dos casos de la vivienda original y la vivienda con sombra simultáneamente.

Para el primer caso de la vivienda 1 se demuestra en la Figura 74 una mejora en la evolución de la curvatura de temperaturas interior, tanto a nivel de vivienda como de zonas térmicas (dormitorio y sala) manteniéndose la mayoría del tiempo en la zona de confort, el único día que se observa un pico significativo de temperatura elevada y fuera de la zona de confort es el segundo día de mediciones siendo el 13/06/2005 donde la radiación solar directa estuvo sobre los 9,28 kWh dato obtenido y presentado anteriormente en la Figura 69. A pesar de haber propuesto una cubierta más liviana la inercia térmica se mantiene como un factor importante del comportamiento térmico de la envolvente horizontal, que puede ser aprovechado con ventilación nocturna para mitigar las horas que se presentan fuera de confort

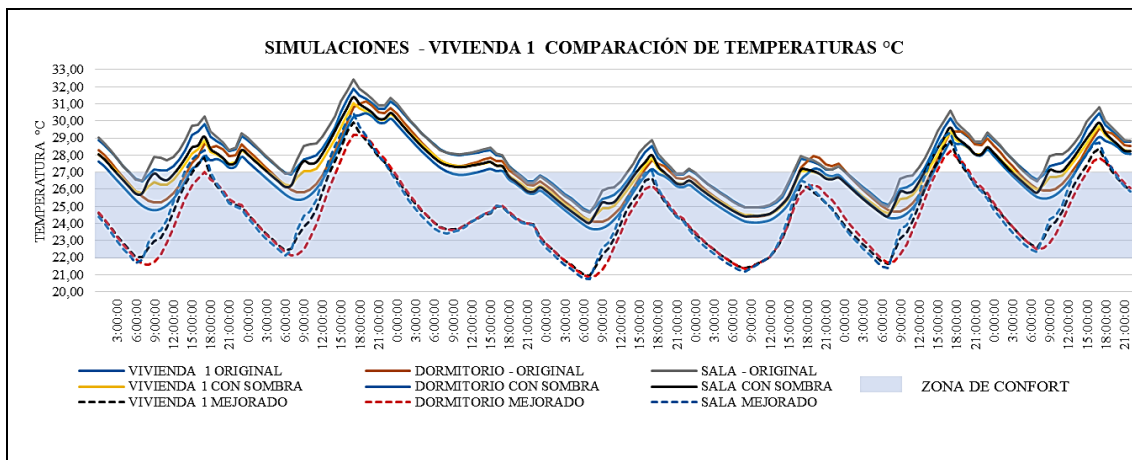


Figura 74. Comparación de temperaturas internas de la simulación de la vivienda 1 realizadas desde el 12 de junio hasta el 18 de junio del 2005, datos registrados en la simulación térmica con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Elaboración propia 2018 con datos de las simulaciones.

En la Tabla 39 se presenta un resumen comparativo de las horas mejoradas de la vivienda 1 en las simulaciones a partir de la vivienda original donde partimos con 8,43 horas de promedio en horas dentro de la zona de confort, mejorando a 13,29 horas con la estrategia de sombra y a 21 horas de confort, mejorando un total de 12,57 horas con el sistema constructivo propuesto en cubierta y el piso,

Tabla 37. Promedios de horas sin confort y promedio de horas en confort de la vivienda 1 original, con la estrategia pasiva de sombra y con el sistema constructivo mejorado Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

VIVIENDA 1 ORIGINAL			VIVIENDA 1 CON SOMBRA			VIVIENDA 1 MEJORADO		
VIVIENDA 1	DORMITORIO	SALA	VIVIENDA 1 CON SOMBRA	DORMITORIO CON SOMBRA	SALA CON SOMBRA	VIVIENDA 1 MEJORADO	DORMITORIO MEJORADO	SALA MEJORADO
PROM HORAS SIN CONFORT								
15,57	11,86	15,86	10,71	9,43	11,86	3,00	2,71	3,86
PROM HORAS EN CONFORT								
8,43	12,14	8,14	13,29	14,57	12,14	21,00	21,29	20,14

En la Figura 75 se observa la evolución de las temperaturas internas con el sistema constructivo propuesto en las simulaciones de la vivienda 2, registrando una característica similar en su curva sinusoidal a la trayectoria de las curvas de temperatura interior de la vivienda 2 original y con la estrategia pasiva de sombra con un diferencia de temperatura significativa, de acuerdo a los picos altos de temperatura que se presentan en horas del mediodía la inercia térmica en la cubierta ventilada de zinc es insignificante por lo que no existe desfase de la temperatura exterior hacia el interior, calentando el interior de la vivienda en horas de la mañana y la tarde.

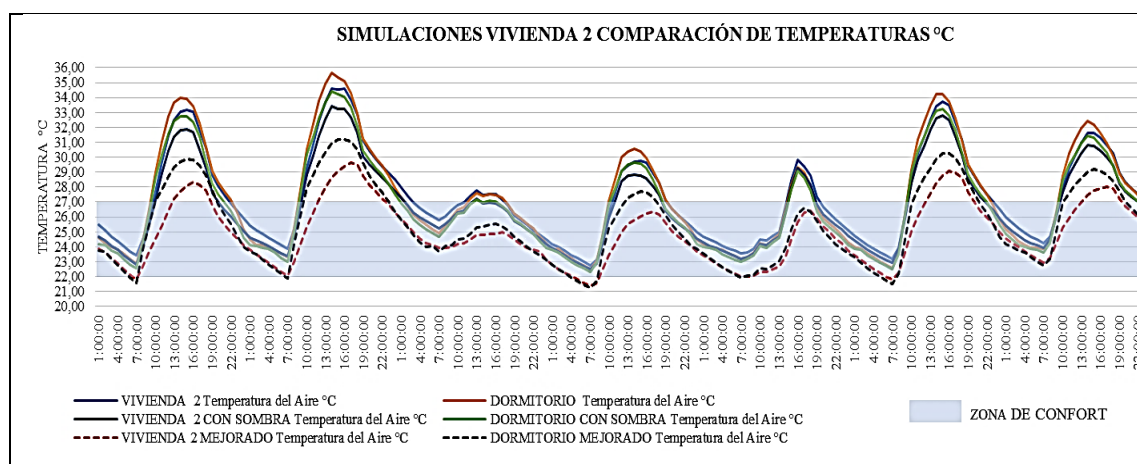


Figura 75. Comparación de temperaturas internas de la simulación de la vivienda 1 y 2 realizadas desde el 12 de junio hasta el 18 de junio del 2005, datos registrados en la simulación térmica con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6. Elaboración propia 2018 con datos de las simulaciones.

De acuerdo a la Tabla 40 se observa los valores promedios de las horas en confort y sin confort de la vivienda 2, comparando el promedio de la casa original donde tenemos un valor promedio de 12,57 horas de confort, en la simulación con la estrategia de sombra se logra subir a 14,71 horas de confort, siendo 2,14 horas de diferencia de horas mejoradas. La simulación de la vivienda 2 con el sistema constructivo propuesto llega a tener 19,71 horas dentro de la zona de confort, mejorando 7,14 horas de promedio.

Tabla 38. Promedios de horas sin confort y promedio de horas en confort de la vivienda 2 original, con la estrategia pasiva de sombra y con el sistema constructivo mejorado Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.

	VIVIENDA 2 ORIGINAL		VIVIENDA 2 CON SOMBRA		VIVIENDA 2 MEJORADO	
	VIVIENDA 2	DORMITORIO	VIVIENDA 2 CON SOMBRA	DORMITORIO CON SOMBRA	VIVIENDA 2 MEJORADO	DORMITORIO MEJORADO
PROM HORAS SIN CONFORT	11,43	11,00	9,29	9,43	4,29	5,71
PROM HORAS EN CONFORT	12,57	13,00	14,71	14,57	19,71	18,29

En la Tabla 41 se observa la comparación cuantitativa de las temperaturas internas diarias máximas, mínimas, promedios y el total de horas dentro y fuera de la zona de confort registrada en las simulaciones térmicas de las viviendas 1 y 2 con el sistema constructivo propuesto.

En los registros numéricos correspondientes al primer día de medición se determina como los valores de la vivienda 1 obtienen mejor resultado que la vivienda 2, mejorando 10 horas de confort con relación a 3 horas mejoradas de confort de la vivienda 2, proporcionando una temperatura interna promedio de 24,94°C y 22 horas de confort, en cambio la vivienda 2 a pesar de tener un promedio de temperatura interior de 25,09°C, 0,15°C más que la vivienda 1 tiene 18 horas de confort lo que significa que ha mejorado solo 5 horas.

Para el segundo día de mediciones la temperatura interior promedio de la vivienda 1 fue de 26,17°C, 0,36°C más que la vivienda 2 que se promedió en 25,85°C registros contrarios al día anterior, sin embargo se mejoró en la vivienda 1 8 horas quedando 15 horas en confort y la vivienda 2 solo se mejoró 3 horas quedando 13 horas en confort de las 24 horas diarias, considerando que estos dos días se produjo la más alta radiación directa.

El promedio de temperatura interna en el tercer día de mediciones para la vivienda 1 se registró en 25,39°C mejorando 18 horas dejando las 23 horas dentro de la zona de confort de ese día, en la vivienda 2 el promedio de temperatura interior fue de 24,96°C quedando las 24 horas de confort con 3 horas mejoradas con el sistema constructivo propuesto.

En el cuarto día de simulación térmica el promedio de temperatura interna en la vivienda 1 fue de 23,81°C consiguiendo 24 horas de confort en ese día con 3 horas mejoradas, de

igual manera se consiguió en la vivienda 2 reducir la temperatura a 23,85°C y mantener la vivienda 2 todo el día en confort mejorando 8 horas en confort.

Para el día quinto las simulaciones térmicas generaron temperaturas más confortables manteniendo la vivienda 1 y 2 dentro del rango de confort durante las 24 horas del día, mejorando únicamente 4 horas la vivienda 2, el sexto y séptimo día de acuerdo a las simulación térmica subió la temperatura debido a la alta radiación solar directa dando como temperatura interna promedio de 25,24°C dejando 19 horas de confort con 4 horas mejoradas el sexto día de igual manera se obtuvo 25,48°C con 20 horas de confort y 3 horas mejoradas en el séptimo día para la vivienda 1, para la vivienda 2 en esos días se obtuvo de temperaturas interna promedio 25,44°C y 25,47 una variación demasiado pequeña de diferencia con un resultado de horas de confort de 17 horas y de 18 horas con una diferencia de 1 hora entre los dos días, en cambio las horas de confort mejoradas fueron de 5 horas y de 7 horas en ese orden los días.

Tabla 39. Resumen comparativo de las temperaturas internas máximas, mínimas, promedios y el total de horas fuera y dentro de confort diarias de las simulaciones térmicas de la vivienda 1 y 2 con el sistema constructivo propuesto. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

FECHA		VIVIENDA 1 MEJORADO			VIVIENDA 2 MEJORADO	
		VIVIENDA 1 MEJORADO	DORMITORIO MEJORADO	SALA MEJORADO	VIVIENDA 2 MEJORADO	DORMITORIO MEJORADO
		Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C
DIA 1 12/6/2005	MAX	27,86	27,02	28,28	28,35	29,87
	MIN	22,03	21,57	21,70	21,83	21,59
	PRO	24,94	24,18	24,75	25,09	26,09
HORAS SIN CONFORT		2,00	1,00	5,00	6,00	8,00
HORAS EN CONFORT		22,00	23,00	19,00	18,00	16,00
HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON EL SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO		10,00	9,00	8,00	5,00	3,00
DIA 2 13/6/2005	MAX	29,93	29,18	30,47	29,66	31,19
	MIN	22,41	22,12	22,13	22,04	21,87
	PRO	26,17	25,37	25,96	25,85	26,95
HORAS SIN CONFORT		9,00	8,00	10,00	11,00	13,00
HORAS EN CONFORT		15,00	16,00	14,00	13,00	11,00
HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON EL SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO		8,00	5,00	8,00	3,00	2,00
DIA 3 14/6/2005	MAX	27,12	27,32	27,02	26,26	26,34
	MIN	23,67	23,63	23,42	23,67	23,40
	PRO	25,39	24,67	24,49	24,96	24,69
HORAS SIN CONFORT		1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
HORAS EN CONFORT		23,00	23,00	24,00	24,00	24,00

HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON EL SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO		18,00	18,00	19,00	3,00	4,00
DIA 4 15/6/2005	MAX	26,69	26,22	27,03	26,33	27,68
	MIN	20,94	20,83	20,73	21,37	21,24
	PRO	23,81	23,31	23,63	23,85	24,57
HORAS SIN CONFORT		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HORAS EN CONFORT		24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON EL SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO		3,00	1,00	4,00	8,00	8,00
DIA 5 16/6/2005	MAX	26,21	26,28	26,52	26,40	26,60
	MIN	21,37	21,34	21,17	22,00	21,95
	PRO	23,79	23,39	23,31	24,20	23,72
HORAS SIN CONFORT		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HORAS EN CONFORT		24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON EL SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO		0,00	2,00	2,00	4,00	4,00
DIA 6 17/6/2005	MAX	28,86	28,24	29,33	29,10	30,26
	MIN	21,63	21,70	21,39	21,79	21,53
	PRO	25,24	24,72	25,01	25,44	25,97
HORAS SIN CONFORT		5,00	5,00	6,00	7,00	10,00
HORAS EN CONFORT		19,00	19,00	18,00	17,00	14,00
HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON EL SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO		4,00	3,00	3,00	5,00	2,00
DIA 7 18/6/2005	MAX	28,37	27,87	28,74	28,02	29,19
	MIN	22,59	22,49	22,33	22,91	22,72
	PROM	25,48	25,08	25,40	25,47	26,10
HORAS SIN CONFORT		4,00	4,00	6,00	6,00	9,00
HORAS EN CONFORT		20,00	20,00	18,00	18,00	15,00
HORAS DE CONFORT MEJORADAS CON EL SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO		11,00	9,00	12,00	7,00	3,00
PROMEDIO HORAS SIN CONFORT		3,00	2,71	3,86	4,29	5,71
HORAS EN CONFORT		21,00	21,29	20,14	19,71	18,29

En conclusión de acuerdo a los resultados de la simulación térmica de las dos viviendas podemos decir que la vivienda 1 tiene el mejor comportamiento térmico con el sistema constructivo propuesto en la losa y el entrepiso ligeros obteniendo de promedio 21 horas de confort en comparación con 19,71 horas en confort de la vivienda 2.

Comparación de los resultados de las simulaciones térmicas digitales con los resultados del análisis de las viviendas en estudio - presentación de mejoras.

A continuación se presenta el resumen general del análisis térmico y la comparación del mejoramiento del comportamiento térmico de la vivienda 1 y 2 en las simulaciones (Tabla 42), para realizar esta comparación numérica nos basamos en el número de horas diarias de las temperaturas internas registradas en las simulaciones térmicas que se encontraban dentro del rango de los 22°C a 27°C condición que hemos tomado como referencia para determinar la zona de confort de acuerdo a la ISO 7730 y la ASHRAE DTD 55 descrito en el Capítulo II en el enunciado de Zona de confort térmico.

De acuerdo a los resultados de las simulaciones de las dos viviendas analizadas, obtenemos como resumen general el porcentaje mejorado de las viviendas, aplicando en las simulaciones la estrategia pasiva de sombreado es el 55,36 % de horas de confort interior en la vivienda correspondiendo al 19,44% de mejora con relación a la vivienda original 1 que tenía el 35,12% de confort interior, con el mejoramiento del sistema constructivo de la cubierta y el piso para la vivienda 1 se obtuvo una mejora del 87,50% de confort interior en la vivienda 1 que corresponde al 30,73% de mejora con relación a la vivienda original 1. Los valores resultantes para el dormitorio con sombra en la vivienda 1 son similares al resultado general, en cambio los porcentajes finales de mejora para la sala que tenía las condiciones más desfavorables se obtiene un 83,93% de horas dentro de confort que es el 50% de mejora.

Para la vivienda 2 los resultados en los porcentajes de hora de confort interior son del 61,31% con la estrategia de sombra mejorando apenas un 8,93%, en cambio los resultados en la simulación con el mejoramiento de la cubierta y el piso se logra mejorar un 82,14% con un porcentaje de mejora del 29,76% con relación a la vivienda original 2, resultado parecido al de la vivienda 1

Tabla 40. Comparación numérica de las simulaciones térmicas entre las viviendas 1 y 2 en estado original, con la estrategia de sombra y con el sistema constructivo propuesto en porcentaje de horas de confort y horas sin confort durante los 7 días de simulación. Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6

VIVIENDA 1 ORIGINAL	VIVIENDA 1 CON SOMBREADO	VIVIENDA 1 MEJORADO
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1
35,12%	55,36%	87,50%
PORCENTAJE MEJORADO	19,44%	30,73%
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO
50,60%	60,71%	88,69%
PORCENTAJE MEJORADO	10,12%	38,10%

PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT SALA	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT SALA	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT SALA
33,93%	50,60%	83,93%
PORCENTAJE MEJORADO	16,67%	50,00%

VIVIENDA 2 ORIGINAL	VIVIENDA 2 CON SOMBREADO	VIVIENDA 2 MEJORADO
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 2	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 2	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 2
52,38%	61,31%	82,14%
PORCENTAJE MEJORADO	8,93%	29,76%

PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT DORMITORIO
54,17%	60,71%	76,19%
PORCENTAJE MEJORADO	6,55%	22,02%

En la Tabla 43 se presentan un resumen general en porcentajes de horas dentro y fuera de confort de las simulaciones térmicas de todo un mes, se tomó en cuenta los meses de marzo, junio y octubre, meses que registraron las temperaturas más altas, medias y bajas del año tipo 2005 tomado para la simulación térmica.

En el mes de marzo se logra alcanzar con el sistema constructivo mejorado 406 horas dentro de confort que corresponde a 56,39%, contrario a esta ganancia la temperatura interior máxima pasa los 30°C de acuerdo a la curvatura de temperaturas de la Figura 76, dejando 43,61% de horas fuera de confort durante las horas de la tarde y la noche, lo que se lograría mitigar con ventilación nocturna. En la vivienda 2 la curvatura de temperaturas para el mes de marzo alcanza la máxima temperatura en horas del mediodía y la tarde, llegando a tener más de 30°C en la mayoría de los días dejando a la vivienda 2 en un 43,47% de horas fuera de confort y 56,53% de horas en confort, datos similares a la vivienda 2.

En el mes de junio de acuerdo la evolución en la curvatura de las temperaturas internas de la vivienda 1 y 2, la temperatura máxima no pasa de los 30°C logrando obtener un muy buen porcentaje de horas dentro de la zona de confort, para la vivienda 1 el 91,39% con 658 horas de confort interno y para la vivienda 2 con 652 horas que corresponden al 86,81% de horas dentro de confort.

La simulación en todo el mes de octubre de acuerdo a la gráfica de temperatura interna es similar a la gráfica y evolución de la temperatura interna del mes de junio, tanto para

la vivienda 1 como la vivienda 2 el porcentaje de horas dentro de confort están sobre el 89% para las dos viviendas (Figura 77)

Tabla 41. Comparación numérica de las temperaturas internas en las simulaciones térmicas entre las viviendas 1 y 2 con el sistema constructivo propuesto en el porcentaje de horas en confort y horas sin confort durante 30 días en los meses de marzo, junio y octubre Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

SIMULACION DE TEMPERATURAS °C EN UN MES COMPLETO			
VIVIENDA 1 MEJORADO SIMULACION MARZO		VIVIENDA 2 MEJORADO SIMULACION MARZO	
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	SIN CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA2	SIN CONFORT VIVIENDA 2
406 H	314 H	407 H	313 H
56,39%	43,61%	56,53%	43,47%
VIVIENDA 1 MEJORADO SIMULACION JUNIO		VIVIENDA 2 MEJORADO SIMULACION JUNIO	
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	SIN CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 2	SIN CONFORT VIVIENDA 2
658 H	62 H	625 H	95 H
91,39%	8,61%	86,81%	13,19%
VIVIENDA 1 MEJORADO SIMULACION OCTUBRE		VIVIENDA 2 MEJORADO SIMULACION OCTUBRE	
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	SIN CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 2	SIN CONFORT VIVIENDA 2
646 H	74 H	642 H	78 H
89,72%	10,28%	89,17%	10,83%

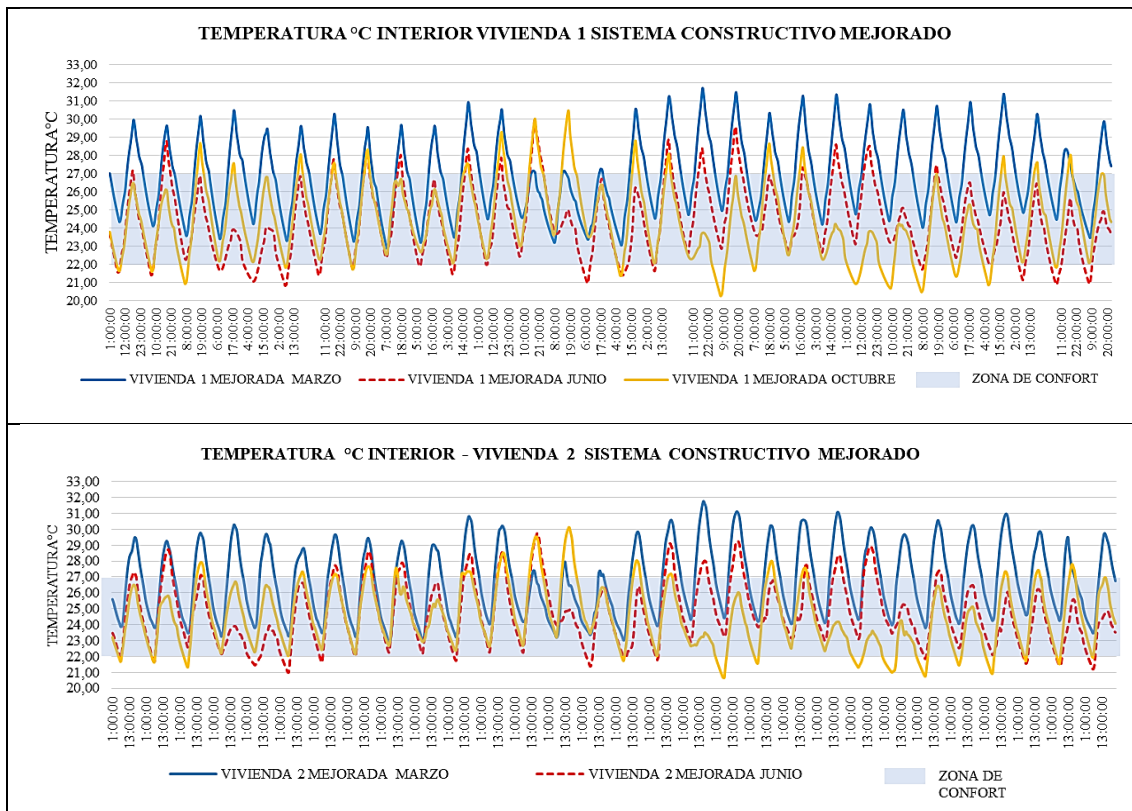


Figura 76. Comparación grafica de las simulaciones térmicas entre las viviendas 1 y 2 con el sistema constructivo propuesto de temperaturas en los 30 días en los meses de marzo, junio y octubre Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

En las simulaciones térmicas en los 30 días de los tres meses se obtuvieron los valores de las humedades relativas internas de las viviendas 1 y 2, de los datos registrados cada hora se obtuvo el porcentaje de horas en confort para las humedades relativas de acuerdo la norma ISO 7730 y la ASHRAE DTD 55 la cual determina los valores máximos y mínimos de humedad relativa que van desde el 30% hasta el 70%, para que un ambiente determinado se encuentre dentro de los límites de la franja de confort descrito en el Capítulo II en el enunciado de Zona de confort térmico.

En la Tabla 44 se explica el porcentaje en los tres meses de la humedad relativa de las dos viviendas, donde se observa que los valores van sobre el 80% de horas dentro de confort lo que nos permite sugerir que la propuesta del sistema constructivo en las dos viviendas mejoró esta condición térmica dentro de las viviendas por lo tanto si hay que sugerir una estrategia pasiva sería en poca escala.

Tabla 42. Comparación numérica de las humedades relativas en las simulaciones térmicas entre las viviendas 1 y 2 con el sistema constructivo propuesto en el porcentaje de horas en confort y horas sin confort durante 30 días en los meses de marzo, junio y octubre Elaboración propia 2018 con datos registrados con el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6.

SIMULACION DE HUMEDAD RELATIVA % EN UN MES COMPLETO			
VIVIENDA 1 MEJORADO SIMULACION MARZO		VIVIENDA 2 MEJORADO SIMULACION MARZO	
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	SIN CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA2	SIN CONFORT VIVIENDA 2
607 H	113 H	591 H	129 H
84,31%	15,69%	82,08%	17,92%
VIVIENDA 1 MEJORADO SIMULACION JUNIO		VIVIENDA 2 MEJORADO SIMULACION JUNIO	
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	SIN CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 2	SIN CONFORT VIVIENDA 2
608 H	112 H	2 590 H	130 H
84,44%	15,56%	81,94%	18,06%
VIVIENDA 1 MEJORADO SIMULACION OCTUBRE		VIVIENDA 2 MEJORADO SIMULACION OCTUBRE	
PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 1	SIN CONFORT VIVIENDA 1	PORCENTAJE DE HORAS DE CONFORT VIVIENDA 2	SIN CONFORT VIVIENDA 2
644 H	76 H	2 665 H	55 H
89,44%	10,56%	92,36%	7,64%

3.6. Análisis Sistémico de la propuesta

De acuerdo al análisis y comparación cuantitativa de las simulaciones térmicas realizadas en el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6, con el sistema constructivo propuesto en las viviendas 1 y 2, se logró optimizar las condiciones de habitabilidad y por ende la calidad de vida de los usuarios mejorándoles entre un 80% a 90% el confort interno.

El objetivo principal de esta investigación fue ejemplificar un sistema constructivo, acorde a las exigencias y necesidades de la población de Puerto Baquerizo Moreno, utilizando los materiales existentes de uso común en la zona que ayuden al confort térmico interior y a mejorar la calidad de las viviendas, por lo tanto se pensó en un sistema constructivo para la cubierta y el piso con características térmicas adecuadas a las condiciones climáticas de la zona, con un bajo consumo energético de uso, que de acuerdo al análisis de las simulaciones térmicas de esta investigación la cubierta de losa plana con el sistema constructivo mejorado ayudo a mantener sobre el 80% de horas de confort.

Las características de la materialidad del sistema constructivo de la losa y el piso al ser liviana, flexible, de fácil construcción y replicable contribuyen a evitar la contaminación del medio ambiente pensando en la disminución de la producción de los residuos ya que podrían ser reutilizados algunos componentes del sistema constructivo de losa y piso.

Ejemplificación de un sistema constructivo sostenible

En la Figura 77 se grafica los detalles constructivos de la losa de cubierta y del piso con el sistema constructivo ejemplificado que se utilizó en las simulaciones térmicas, tomando como referencia el sistema constructivo de placas colaborante para losas de entresijos, constituida por una lámina metálica (Deck metálico) interna que hace la función de encofrado y base para soportar el hormigón conjuntamente con una malla electrosoldada, siendo este un elemento compuesto entre hormigón y acero, la estructura que soporta este elemento horizontal puede ser metálica o de hormigón armado, a este sistema constructivo se le adiciono una cámara de aire ventilada de 30cm. dimensión máxima que se adoptó de los materiales recomendados en el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6 que en las simulaciones térmicas proporcionaron los mejores resultados, por último se colocó un cielo raso liviano de madera triplex que funciona como aislante, material de fácil adquisición en el sector. Para el piso se adoptó el mismo sistema constructivo de losa de entresijos con placa colaborante dejando libre del suelo exterior una altura de 80cm. para ventilación y limpieza del espacio exterior.

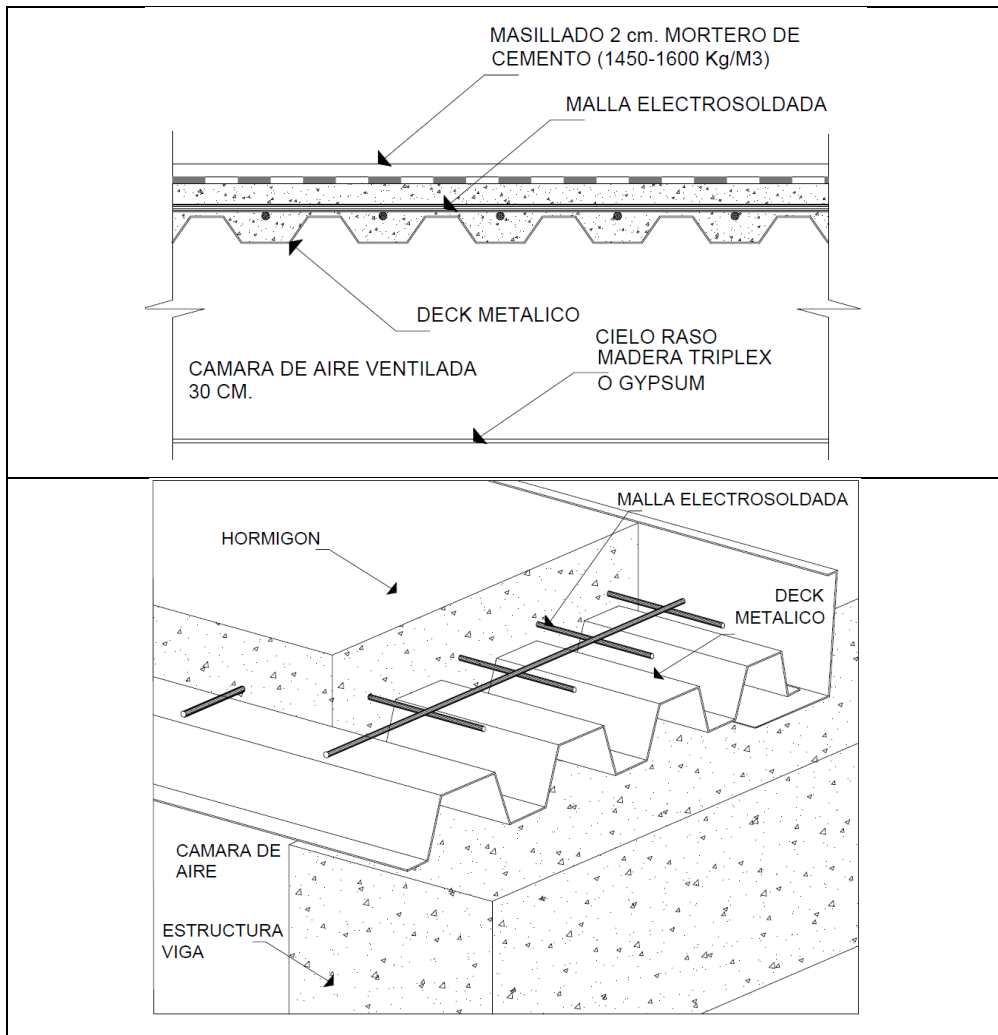


Figura 77. Detalle de la ejemplificación del sistema constructivo en la cubierta y el piso para la vivienda 1 y 2. Elaboración propia 2019

Pensando en las características comunes de las construcciones que existen en la población de Puerto Baquerizo Moreno se adoptó en esta investigación este ejemplo de sistema constructivo para adaptarlo a las necesidades tanto de materiales existentes como de mejoramiento térmico y como un modelo de construcción liviana y replicable.

CAPITULO IV

4.1 Conclusiones

De acuerdo al objetivo principal planteado en esta investigación se logró ejemplificar un sistema constructivo que reúne las características necesarias para que se adapte a las necesidades del sector y a las condiciones climáticas propias del clima cálido húmedo de Puerto Baquerizo Moreno, en base al análisis cuantitativo y cualitativo de las simulaciones térmicas en el software Design Builder 5.5.0.012-Energy Plus 8.6., de las dos viviendas analizadas cuyos resultados se obtuvieron de tres análisis diferentes en un solo interfaz, cumpliéndose el objetivo de conseguir en un 87,50% de horas de confort interno en las simulaciones de los 6 días y en un 91,39% en todo el mes de junio, logrando mejorar el comportamiento térmico de la vivienda 1.

De igual manera se consiguió mejorar el confort térmico en el interior de la vivienda 2 y el comportamiento térmico el sistema constructivo de la cubierta y el piso, en los 6 días de simulaciones obtuvimos un porcentaje del 82,14% y en todo el mes de junio se logró mejorar un 86,81% de horas en confort.

A partir de un análisis de la trama urbana se procedió a realizar un levantamiento de las viviendas considerando las variables de orientación norte-sur, dirección de vientos, la forma de la edificación, el sistema constructivo de la vivienda que permitió obtener una matriz de catalogación para poder conseguir los dos casos de estudio para el análisis de esta investigación cumpliendo de esta forma con el primer objetivo específico.

De las dos viviendas obtenidas a través de la matriz de catalogación se obtuvo el análisis in-situ del comportamiento térmico del sistema constructivo de la envolvente vertical y de la cubierta de cada vivienda dando como resultado final un comportamiento térmico favorable para la envolvente vertical de 2,39 W/(m²K) de transmitancia valor que está dentro de las normativa IRAM 11605, ASHRAE 2001 y ST 55 y la ISO 7726 y 7730, por lo que sugiere que el sistema constructivo en las paredes no necesita ser modificado en su estructura para que funcione térmicamente bien. Por el contrario el valor de transmitancia en la cubierta esta fuera de los valores recomendados, por lo que se sugiere adoptar las estrategias pasivas de sombra, ventilación natural y ventilación nocturna.

De acuerdo al análisis comparativo de las dos viviendas se sacó como conclusión que el comportamiento térmico del dormitorio de la vivienda 1 es el más favorable con el

78,67% de confort interior, debido a las variables de orientación sur, incidencia directa de los vientos predominantes, radiación indirecta del sol sobre la envolvente vertical por lo que solo es necesario la estrategia pasiva de ventilación nocturna para mitigar las temperaturas altas de la noche. En la misma vivienda 1 la sala a pesar de tener el mismo sistema constructivo el porcentaje de horas de confort interno es el 13,19% de horas de confort, resultado del aporte del calor directo sobre la envolvente norte, la poca ventilación natural y la ausencia de sombra sobre la fachada hacen que la temperatura exterior aumente y trasmite a través de la envolvente el flujo de calor hacia el interior, produciendo un comportamiento térmico desfavorable que hay que corregirlo con sombreado y ventilación natural y nocturna.

En la vivienda 2 el resultado final es de 71,24% de horas de confort interior, consecuencia de las características térmicas del techo de zinc, su baja inercia térmica permite que el calor entre y salga instantáneamente calentando y enfriando el ambiente interior rápidamente, para corregir esta condición se debe pensar en ventilar naturalmente y considerar el doble techo o techo ventilado. De esta manera se cumple el segundo objetivo específico en proponer estrategias pasivas para mejorar la calidad térmica interior de las viviendas.

Apoyándonos en las simulaciones térmicas de acuerdo a la hipótesis de esta investigación donde afirma que la población podría acceder a una vivienda de calidad con una propuesta de sistema constructivo sostenible con materiales locales y de bajo impacto ambiental resultado del análisis comparativo del comportamiento térmico en dos sistemas constructivos de Puerto Baquerizo Moreno-Galápagos, podemos afirmar que es verdadera ya que se logró mejorar la calidad térmica con un rendimiento de 87,50% de horas de confort interno en las simulaciones de los 6 días y en un 91,39% en todo el mes de junio.

Limitaciones y recomendaciones

Para finalizar, una de las limitaciones en esta investigación fue el pensar en un material aislante térmico para proponer como parte del sistema constructivo mejorado, lo cual no se lo propuso debido a las condicionantes propias del entorno natural y las exigencias de las leyes de la provincia de Galápagos en cuanto se refiere a la introducción de materiales orgánicos e inorgánicos hacia las islas, referencia y recomendación que sería parte de otra investigación.

Como reflexión final cabe mencionar que la población de las islas Galápagos ya tiene más de medio siglo viviendo y cohabitando con este entorno natural frágil y único, a pesar de que han sido los principales actores para el deterioro ambiental actual que sufre las islas, debemos pensar que ellos forman parte de este entorno y que seguirán habitando esta isla especialmente San Cristóbal, por lo que hay que pensar en su bienestar y en su mejor condición de habitabilidad sin que esto perjudique a su entorno para lo que debemos reflexionar y recomendar en formar una ciudad más compacta, aprovechar a lo máximo cada lote y pensar en el crecimiento de las viviendas en forma de condominio en altura.

Bibliografía

- Alías, H. M. (2010). Relevamiento del parque habitacional social de Resistencia y Corrientes y su desempeño térmico: monitoreo y simulaciones. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14.
- Amador, & E. (1996). Plan de manejo del parque nacional Galápagos. Servicio Parque Nacional Galapagos, Instituto Ecuatoriano Forestal y de Areas Naturales y Vida Silvestre. 153-163.
- Antarikananda, P. D. (2006). Lessons from traditional architecture: Design for a climatic responsive contemporary house in Thailand. 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, (págs. (pp. 6-8).). Geneva, Switzerland. Obtenido de In Proceedings of PLEA2006-The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland,(Available at:: <http://arquitecturatropical.org/EDITORIAL/documents/LESSONSFROMTRADITIONALARCHITECTURE.pdf>, Accessed at June 2012).
- Atem, C. G. (2012). La influencia de distintos muros exteriores en el confort térmico de viviendas en un clima subtropical húmedo . Master's thesis, 25.
- B. G. Rodrigo, J. C. (2012). Análisis del confort y el comportamiento higrotérmico de sistemas constructivos tradicionales y actuales en viviendas de Santa Ana-Ciudad Colón (Costa Rica). *Informes de la Construcción*, Vol 64, No 525 (2012).
- Barrios G., E. P. (2010). Selección de los materiales de muros y techos para mejorar el confort térmico en edificaciones no climatizadas. *Marincic I. Estudios sobre Arquitectura y Urbanismo del Desierto*, 3(3), 70-84.
- Benítez-Capistros, F. H. (2014). Environmental impacts on the Galapagos Islands: Identification of interactions, perceptions and steps ahead. *Ecological Indicators*,, 38, 113-123.
- Calle, J. (2013). Construcción de un Prototipo de Vivienda Autónoma Sustentable en Nayón Ecuador. Obtenido de <https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/2014/03/te03.pdf>
- Carrión, J. M. (23 de Noviembre de 2005). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización. *Informes de la Construcción*,, 57(499-500), 37-54. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/23065/1/554.pdf>
- Castillo, P. A. (2007). Castillo, P. A. L. (2007). Estudio de optimización de costos y productividad en la construcción de viviendas de hormigón. . Universidad de Chile.
- Cedeño, V. A. (2010). Materiales bioclimáticos. *Revista de Arquitectura*,, pp. 100-110.

- D'Alecon, R. (2008). ACONDICIONAMIENTOS: ARQUITECTURA Y TECNICA. Chile: Ediciones ARQ.
- Diaz, V. (2011). Acondicionamiento termico de edificios eficiencia y uso racional de la energia. Argentina: nobuko.
- Domínguez, M. &. (2001). Importancia de la inercia térmica de los cerramientos. ConArquitectura: arquitectura con arcilla cocida, (3), 49. Obtenido de ConArquitectura: arquitectura con arcilla cocida,.
- Escorcia, O. G. (2012). Mejoramientos de envolvente para la eficiencia energética de viviendas en el centro-sur de Chile. Informes de la Construcción,, 64(528), 563-574.
- Esteves, A. &. (2006). Técnicas constructivas y materiales de bajo costo energético en la arquitectura sustentable. caso proyecto y construcción de vivienda en centro-oeste de argentina. Actas del XI Encontro Nacional de Tecnología no Ambiente Construido (ENTAC 2006), 3629-3638.
- Evans, J. (2014). Temperaturas interiores en vivienda en distintos climas: medicion, simulacion y calibracion de un modelo. ASADES-ISES.
- Galapagos, C. d. (febrero de 2016). Reconstrucción y mantenimiento de la red vial de la provincia de Galápagos. Obtenido de Plan de inversion 2016: http://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/Proyecto-Restauracion-red-vial-Galapagos_OP.pdf
- García, F. F. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos . págs. 109-126.
- García, S. E. (2013). Criterios para la eficiencia energética en viviendas unifamiliares. (Bachelor's thesis).
- Gatani, M. B. (D2008). DEFINICIÓN DE INDICADORES DE ANÁLISIS DE DISEÑO SUSTENTABLE. EL CASO DE UNA VIVIENDA SERRANA EN CÓRDOBA. . Reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, XVII Encuentro IASEE, Mendoza.
- Godoy Muñoz, A. (2012). El Confort térmico adaptativo. Aplicación en la edificación en España. (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Gonzalez, J. M. (2008). Rethinking the Galapagos Islands as a complex social-ecological system: implications for conservation and management. Ecol. Soc., 13.
- Guamán, L. C. (2016). Determinación del sistema constructivo que se adapte de mejor manera, para climas cálido-húmedo (Amazonía Ecuatoriana-Cantón Sucúa). (Bachelor's thesis).
- Guimarães Merçon, M. (2008). Confort térmico y tipología arquitectónica en clima cálido-húmedo. Obtenido de Análisis Térmico De La Cubierta Ventilada.

- Herrera, M. M. (2010). EVALUACIÓN TÉRMICA Y ECONÓMICA COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ALTERNATIVAS PARA SER APLICADAS EN LOS PLANES DE PRÉSTAMOS DE VIVIENDA PROPIA. 05.32 .
- Hobaica, M. E., Sosa, M. E., & Rosales, L. (2000). Influencia de los componentes constructivos en la temperatura del aire interior de viviendas. *Interciencia*, vol. 25, núm. 3, pp. 136-142.
- Huelsz G., B. G. (2014). Differences on Results from Steady-state and Time-dependent Wall/roof Heat Transfer Models in Mexican Climates. *Energy Procedia*, 57, 1825-1833.
- Huelsz G., R. R. (2014). Altos valores de la resistencia térmica no aseguran un buen desempeño térmico de la envolvente de una edificación. AAVV, Memorias de la XXXIII Semana Nacional de Energía Solar, ANES, Guadalajara, Jal, 237-240.
- INEN. (04 de junio de 2017). Ecuador en cifras.gob.ec. Obtenido de Ecuador en cifras.gob.ec: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ECV-Galapagos/Indicadores-ECV-Galapagos.pdf
- ISO, U. (. (2006). Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e integración del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.
- Jimbo, W. G. (2010). El sector de la construcción en Puerto Ayora, Informe Galápagos 2009-2010, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Kubota T., C. D. (2009). The effects of night ventilation technique on indoor thermal environment for residential buildings in hot-humid climate of Malaysia. *Energy and Buildings*, 41(8), 829-839.
- Lora, M. &. (2015). Paneles estructurales de poliestireno expandido: análisis energético en el clima tropical-húmedo de Santo Domingo y aplicado a la vivienda social (caso sistema EMMEDUE). (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Luna, T. (5 de 05 de 2013). Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Obtenido de MIDUVI: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/5_MIDUVI_Tatiana_Luna.pdf
- Martínez, C. E. (2005). Comportamiento térmico-energético de envolvente de vivienda en SM de Tucumán en relación a la adecuación climática. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 05-01.
- Martínez, C. E. (2015). Comportamiento térmico-energético de envolvente de vivienda
Martínez, C. F. (2016). Relevancia de la materialidad de la envolvente exterior en el diseño edilicio energético sustentable en clima cálido. In. I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable (La Plata, 2016).

- Matute, M. (Marzo de 2014). Tecnología sostenible y eficiencia energética aplicada al diseño de una vivienda. Obtenido de Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Mercado, M. V. (2010). Comportamiento térmico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina. . *Ambiente Construido*, 10(2), 87-100.
- Mermet, A. G. (2015). Ventilación natural en edificios. Buenos Aires: Nobuko.
- Miño, I. L. (2013). Simulaciones energéticas como herramienta para evaluación térmica de las viviendas sociales del Ecuador: Caso Yachay.
- Monardez, S. H. (2007). INERCIA TÉRMICA EN VIVIENDAS. SANTIAGO DE CHILE.
- Narváez Soto, J. P. (2015). Criterios bioclimáticos aplicados a los cerramientos verticales y horizontales para la vivienda en Cuenca. (Bachelor's thesis).
- NEC, N. E. (2011). EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR. QUITO.
- Netto, G. R. (2016). Comparación entre las normas de desempeño térmico edilicio de Argentina y Brasil. . *Ambiente Construido*, 16(1), 105-122.
- Nguyen, A. T. (2011). . An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam. *Building and Environment*, 46(10), 2088-2106.
- Ochoa de la Torre, J. M. (1999). La vegetación como instrumento para el control microclimático. Barcelona España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima . Manual de diseño bioclimático para la arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Guatavi Gili S.A.
- Palme, M. A. (2016). Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad en el consumo de energía en viviendas. INER.
- Pazmiño, Q. &. (2008). Propuesta del plan de manejo minero ambiental para la explotación y aprovechamiento del recurso pétreo en la Isla San Cristóbal-Galápagos.
- Pere, A. J. (31 de enero de 1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 49(451), 41-47. Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html>
- Peterson, K. (10 de septiembre de 2013). Obtenido de <https://prezi.com/kmfrt2beb5km/sistemas-constructivos-tradicionales/>
- Ramírez, L. &. (2008). Evaluación de la Eco-eficiencia Constructiva de un prototipo de Vivienda Bioclimática desarrollada para el clima Tropical Cálido Húmedo en Venezuela. ". In *Análisis de los Recursos Materiales Consumidos en la Vivienda Bioclimática VBP-1"*. Memorias del Congreso Nacional de Medio Ambiente, Cumbre del Desarrollo Sostenible.

- Rodríguez L., & P. (2015). EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS RESIDENCIALES EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. *Portafolio*, 1(31).
- Salaverry, R. M. (2008). Inercia térmica: influencia de la masa de muros en el comportamiento térmico de viviendas sociales. *Repositorio Academico Universidad de Chile*.
- SENPLADES, S. N. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito.
- Tapia, W. R. (2009). *Ciencia para Galápagos: una propuesta de estrategia y agenda de investigaciones prioritarias para la sustentabilidad del archipiélago*.
- Turégano, J. A. (2003). *La inercia térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de carácter pasivo*.
- Ugarte, J. (1999). *Guía de arquitectura bioclimática*. San José de Costa Rica.
- Varini, C. (2013). ECOENVOLVENTES I+D. *Envolventes arquitectónicas con alto desempeño térmico y bajo impacto ambiental para zonas geoclimáticas tropicales*. *Informes de la Construcción*, 65(Extra-1), 23-30.
doi:<http://dx.doi.org/10.3989/ic.11.147>
- Vassig, S. O. (2012). *Best practices in sustainable building design*. J. Ross Publishing.
- Zhang, H. (2015). The Zhoushan Islands, China, and Galapagos Islands, Ecuador: Island Sustainability and Forces of Change. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 39–48.

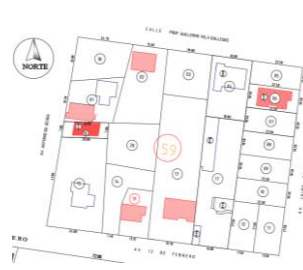

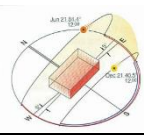

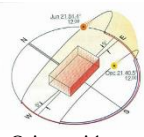

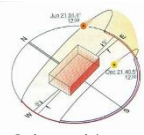

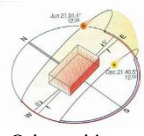
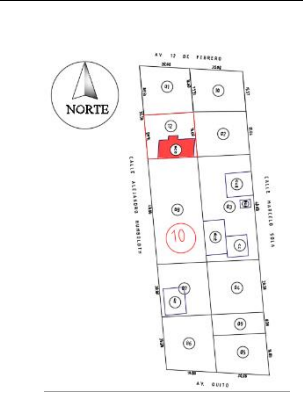

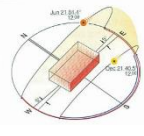
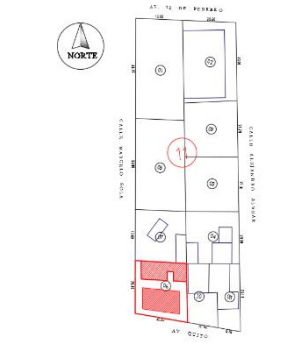

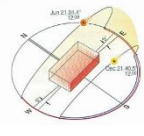
Anexos

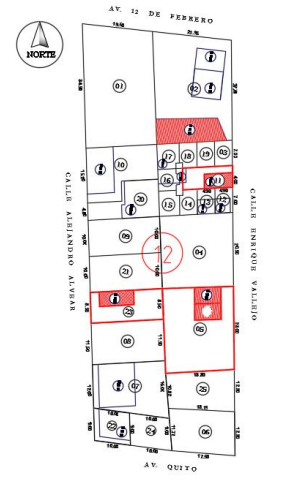

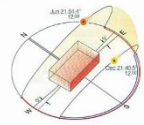

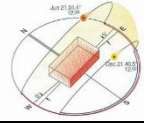

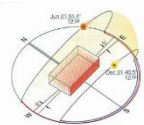

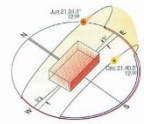



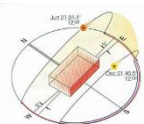
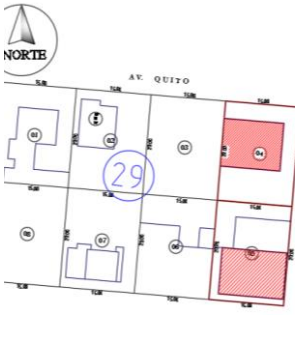

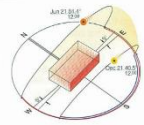

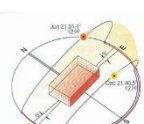

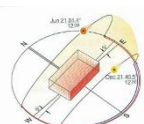
Anexo 1. Levantamiento fotográfico de las viviendas del sector

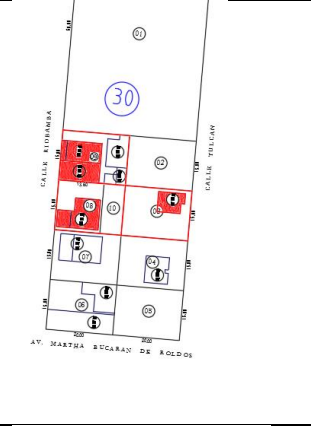
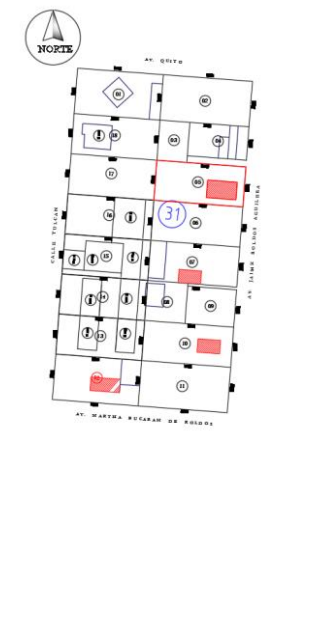
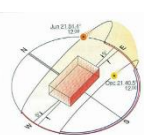





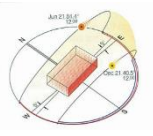


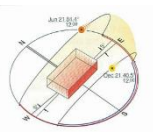

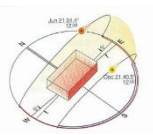

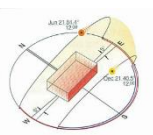


Anexo 2. Catalogación del levantamiento de viviendas en la zona seleccionada

Zona	Ubicación	Imagen viviendas	Accesible a toma de datos	Forma orientación	Tipo de cubierta	Característica de implantación y otros
	ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA # 59 BARRIO CACTUS	 casa lote # 19	si	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Adosada en la parte lateral oeste
		 casa lote # 13	no	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Adosada en la parte lateral este
		 casa lote # 06	no	Orientación este-oeste 	Cubierta de losa hormig o armado	Sin adosamiento tiene aire acondicionado
		 casa lote # 01	posible	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Adosada parte sur
	ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA # 10 BARRIO ALBATROS	 casa lote # 16	si	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Adosada parte sur
	ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA # 11 BARRIO ALBATROS	 casa lote # 06	si	Orientación este-oeste 	Cubierta de losa hormig o armado	Sin adosamiento tiene aire acondicionado

 <p>ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA #12 BARRIO ALBATROS</p>	 <p>casa lote # 02</p>	no	Orientación este-oeste		Cubierta de zinc	Adosada parte sur
	 <p>casa lote # 11</p>	posible	Orientación este-oeste		Cubierta de zinc	Adosada parte sur
	 <p>casa lote # 05</p>	posible	Orientación este-oeste		Cubierta de zinc	Adosada parte norte
	 <p>casa lote # 23</p>	si	Orientación este-oeste		Cubierta de zinc	Adosada parte norte
 <p>ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA #13 BARRIO ALBATROS</p>	 <p>casa lote # 02</p>	si	Orientación norte-sur		Cubierta de losa hormig o armado	Sin adosamiento
	 <p>casa lote # 21</p>	no	Orientación este-oeste		Cubierta de losa hormig o armado	Adosada parte norte tiene aire acondicionado
 <p>ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA #29 BARRIO FRAGUATAS</p>	 <p>casa lote # 04</p>	si	Orientación este-oeste		Cubierta de zinc	Adosada parte sur
	 <p>casa lote # 05</p>	si	Orientación este-oeste		Cubierta de zinc	Adosada parte norte
<p>ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA #30</p>	 <p>casa lote # 03</p>	no	Orientación este-oeste		Cubierta de zinc	Adosada parte norte

	BARRIO FRAGATAS	 casa lote # 08	no	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Adosada parte este - sur
		 casa lote # 09	posible	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Adosada parte este - sur
	ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA # 31 BARRIO FRAGATAS	casa lote # 05	no	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Sin adosamiento
		 casa lote # 07	si	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Adosada parte sur
		 casa lote # 10	no	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Sin adosamiento
	ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA # 32 BARRIO FRAGATAS	 casa lote # 02	si	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Sin adosamiento
		 casa lote # 03	no	Orientación este-oeste 	Cubierta de losa hormig o armado	Sin adosamiento está desocupado
		 casa lote # 08	si	Orientación este-oeste 	Cubierta de zinc	Adosada parte sur

		 <p data-bbox="673 376 922 432">casa lote # 11</p>	Si	<p data-bbox="992 192 1144 241">Orientación este-oeste</p> 	Cubierta de zinc	Adosada parte este -oeste
 <p data-bbox="555 443 662 656">ZONA #1 SECTOR #3 MANZANA # 47 BARRIO FRAGATAS</p>		 <p data-bbox="673 633 922 656">casa lote # 02</p>	Si	<p data-bbox="992 434 1144 483">Orientación este-oeste</p> 	Cubierta de zinc	Adosada parte este -oeste
		 <p data-bbox="673 857 922 880">casa lote # 03</p>	No	<p data-bbox="992 658 1144 707">Orientación este-oeste</p> 	Cubierta de zinc	Adosada parte este -oeste
		 <p data-bbox="673 1081 922 1097">casa lote # 06</p>	Si	<p data-bbox="992 882 1144 931">Orientación este-oeste</p> 	Cubierta de zinc	Adosada parte este -oeste

Anexo 3. Cuadro de % Humedad Relativa horaria en dormitorio vivienda 1, en los 6 días de mediciones in-situ

% HUMEDAD RELATIVA DORMITORIO VIVIENDA 1																													
	HORA	12 /06/2017				13 /06/2017					14 /06/2017					15 /06/2017					16 /06/2017					17 /06/2017			
		PARED INTERIO	TECHO	EXTERIO R		HORA	PARED INTERIO	TECHO	EXTERIO R		HORA	PARED INTERIO	TECHO	EXTERIO R		HORA	PARED INTERIO	TECHO	EXTERIO R		HORA	PARED INTERIO	TECHO	EXTERIO R		HORA	PARED INTERIO	TECHO	EXTERIO R
	0:00:00					67.39	63.93	84.82		75.20	71.68	87.88		69.57	67.42	82.62		69.57	67.42	82.62		70.39	68.34	85.41		70.39	68.34	85.41	
	1:00:00					67.93	64.77	86.19		76.79	72.53	88.98		72.59	71.60	66.15		72.59	71.60	66.15		74.11	69.48	85.28		74.11	69.48	85.28	
	2:00:00					68.61	65.70	87.00		76.94	72.62	89.31		71.48	70.43	63.83		71.48	70.43	63.83		74.86	70.30	86.45		74.86	70.30	86.45	
	3:00:00					69.00	66.51	87.57		76.96	73.20	90.00		68.76	72.02	65.78		68.76	72.02	65.78		75.27	70.83	85.16		75.27	70.83	85.16	
	4:00:00					69.56	67.82	86.72		77.94	74.18	90.18		71.04	70.96	64.86		71.04	70.96	64.86		74.86	70.30	86.45		74.86	70.30	86.45	
	5:00:00					70.17	79.33	85.42		78.84	74.65	89.47		71.60	70.67	84.67		71.60	70.67	84.67		75.53	70.76	85.53		75.53	70.76	85.53	
	6:00:00					81.04	74.46	84.93		79.40	76.34	90.37		72.13	70.84	84.31		72.13	70.84	84.31		74.14	73.20	83.76		74.14	73.20	83.76	
	7:00:00	64.24	70.00	65.01		75.12	71.97	80.82		79.72	79.38	85.66		75.84	73.80	80.51		75.84	73.80	80.51		74.14	73.20	83.76		75.84	73.80	80.51	
	8:00:00	67.36	64.81	66.84		76.05	74.57	76.25		79.89	78.98	81.87		75.00	73.02	75.40		75.00	73.02	75.40		73.26	70.55	68.40		75.00	73.02	75.40	
	9:00:00	66.35	66.90	65.43		75.74	73.65	70.09		78.91	76.70	74.91		71.40	72.31	69.10		71.40	72.31	69.10		73.26	70.55	68.40		71.40	72.31	69.10	
	10:00:00	67.28	65.80	61.45		74.01	72.82	69.29		78.91	76.70	74.91		71.96	73.48	70.18		71.96	73.48	70.18		71.96	73.48	70.18		71.96	73.48	70.18	
	11:00:00	65.11	64.78	60.14		74.01	72.82	69.29		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	12:00:00	63.62	62.45	55.02		71.15	70.36	64.86		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	13:00:00	63.47	63.64	57.83		69.23	68.77	63.21		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	14:00:00	62.71	63.41	58.98		68.71	67.30	63.75		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	15:00:00	63.40	63.25	62.29		67.56	66.83	65.41		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	16:00:00	63.00	63.42	66.10		67.67	68.25	68.94		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	17:00:00	63.13	63.68	68.58		66.94	65.81	74.39		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	18:00:00	62.78	62.96	73.70		68.66	65.45	78.48		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	19:00:00	63.94	62.36	78.00		69.63	67.05	81.55		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	20:00:00	64.58	62.94	78.82		71.39	68.27	82.42		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	21:00:00	64.89	62.95	81.49		72.47	67.06	83.67		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	22:00:00	65.45	63.10	83.15		72.57	67.95	84.45		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	23:00:00	66.56	63.26	84.24		72.27	68.63	85.54		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	0:00:00	73.51	69.50	86.72		75.20	71.68	87.88		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	1:00:00	73.99	70.29	87.87		76.79	72.53	88.98		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	2:00:00	74.70	71.09	88.97		76.94	72.62	89.31		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	3:00:00	75.71	73.27	88.96		76.96	73.20	90.00		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	4:00:00	77.07	74.80	90.16		77.94	74.18	90.18		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	5:00:00	77.83	76.70	90.17		78.84	74.65	89.47		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	6:00:00	78.59	76.80	87.57		79.40	76.34	90.37		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	7:00:00	80.09	79.41	84.56		79.72	79.38	85.66		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	8:00:00	79.18	78.18	79.03		79.89	78.98	81.87		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	9:00:00	77.28	75.91	72.07		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	10:00:00	75.58	76.11	70.49		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	11:00:00	74.74	74.43	68.55		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	12:00:00	72.76	71.59	65.18		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	13:00:00	70.21	73.53	67.98		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	14:00:00	71.10	71.26	67.59		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	15:00:00	70.47	70.48	68.96		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	16:00:00	70.39	69.00	71.02		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	17:00:00	70.27	68.06	75.63		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	18:00:00	70.30	67.55	79.42		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	19:00:00	71.05	69.14	82.38		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	20:00:00	72.82	69.93	84.09		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	21:00:00	73.18	70.55	86.31		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18		72.25	70.83	67.03	
	22:00:00	74.50	71.10	86.72		78.91	76.70	74.91		78.91	76.70	74.91		72.25	70.83	67.03		72.25	70.83	67.03		71.96	73.48	70.18					

Anexo 4. Cálculo de la inercia térmica en el dormitorio y la sala de la vivienda 1

INERCIA TERMICA VIVIENDA 1 - DORMITORIO						
Fecha		Temperatura C° max	Temperatura C° promedio	Amplitud térmica	F amortiguamiento	FRO Factor de amortiguamiento
6/12/2017	Temperatura C° exterior	27,81	25,16	2,65	0,31	0,69
	Temperatura C° interior	27,54	26,72	0,82		
06/13/2017	Temperatura C° exterior	27,73	24,36	3,37	0,30	0,69,73
	Temperatura C° interior	27,31	26,29	1,02		
06/14/2018	Temperatura C° exterior	27,88	24,67	3,21	0,43	0,57
	Temperatura C° interior	27,36	25,98	1,38		
06/15/2019	Temperatura C° exterior	28,03	24,92	3,11	0,42	0,578
	Temperatura C° interior	27,66	26,35	1,31		
06/16/2020	Temperatura C° exterior	27,93	25,07	2,86	0,32	0,678
	Temperatura C° interior	27,68	26,76	0,92		
INERCIA TERMICA VIVIENDA 1 -SALA						
6/12/2017	Temperatura C° exterior	33,20	30,01	3,19	0,29	0,71
	Temperatura C° interior	29,92	29,01	0,91		
06/13/2017	Temperatura C° exterior	32,70	28,27	4,43	0,34	0,659
	Temperatura C° interior	29,92	28,41	1,51		
06/14/2018	Temperatura C° exterior	32,40	28,15	4,25	0,38	0,62
	Temperatura C° interior	29,37	27,76	1,61		
06/15/2019	Temperatura C° exterior	32,90	28,49	4,41	0,40	0,60
	Temperatura C° interior	29,50	27,74	1,76		
06/16/2020	Temperatura C° exterior	33,00	28,89	4,11	0,38	0,619
	Temperatura C° interior	29,95	28,38	1,57		

AMPLITUD = Temperatura C° max - Temperatura C° promedio

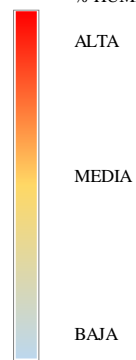
F = Amplitud térmica (Temperatura C° exterior) / Amplitud térmica (Temperatura C° interior)

$$FRO = 1 - f \quad \text{con} \quad f = \frac{A_{Int}}{A_{Ext}}$$

Anexo 5. Cuadro de % Humedad Relativa horaria en la sala vivienda 2, en los 6 días de mediciones in-situ

% HUMEDAD RELATIVA SALA VIVIENDA 1									
FECHA	HORA	PARED INTERIOR	TECHO	EXTERIOR	FECHA	HORA	PARED INTERIOR	TECHO	EXTERIOR
Lunes 12 /06/2017	0:00:00				Martes 13 /06/2017	0:00:00	61,80	52,90	64,80
	1:00:00					1:00:00	62,68	53,90	66,10
	2:00:00					2:00:00	63,42	54,30	67,00
	3:00:00					3:00:00	64,15	55,30	68,30
	4:00:00					4:00:00	65,23	56,20	69,60
	5:00:00					5:00:00	66,70	57,10	69,60
	6:00:00					6:00:00	74,61	65,90	70,50
	7:00:00					7:00:00	68,10	60,50	69,30
	8:00:00					8:00:00	67,91	60,40	64,60
	9:00:00					9:00:00	65,32	60,40	59,50
	10:00:00					10:00:00	64,30	60,90	56,80
	11:00:00	56,72	61,80	60,00		11:00:00	63,04	59,90	52,90
	12:00:00	54,96	56,00	45,80		12:00:00	62,25	59,50	51,00
	13:00:00	54,63	54,70	44,80		13:00:00	60,69	58,60	49,90
	14:00:00	52,58	52,80	43,20		14:00:00	59,09	56,30	48,50
	15:00:00	54,29	52,40	45,80		15:00:00	57,10	54,40	47,90
	16:00:00	54,39	50,90	47,90		16:00:00	56,95	53,00	49,90
	17:00:00	54,94	51,00	50,30		17:00:00	56,57	52,60	52,30
	18:00:00	54,62	51,10	52,20		18:00:00	58,46	52,60	56,60
	19:00:00	56,69	50,60	55,60		19:00:00	59,77	52,60	59,40
	20:00:00	57,46	51,10	56,50		20:00:00	60,55	52,60	61,30
	21:00:00	60,25	51,50	59,30		21:00:00	60,61	53,10	62,60
	22:00:00	59,70	52,00	61,20		22:00:00	61,75	53,00	64,00
	23:00:00	61,32	53,00	63,00		23:00:00	62,98	53,90	64,90
Miércoles 14 /06/2017	0:00:00	64,24	54,90	65,80	Jueves 15 /06/2017	0:00:00	71,10	57,80	69,50
	1:00:00	65,94	55,30	67,10		1:00:00	73,03	58,70	70,70
	2:00:00	67,63	56,70	68,40		2:00:00	72,91	59,10	71,10
	3:00:00	68,46	57,20	69,70		3:00:00	73,88	60,00	72,30
	4:00:00	69,23	58,10	70,50		4:00:00	74,32	60,50	73,20
	5:00:00	70,82	59,50	72,30		5:00:00	76,74	65,70	74,00
	6:00:00	70,96	61,40	72,20		6:00:00	75,82	64,70	75,70
	7:00:00	72,24	61,80	71,60		7:00:00	75,63	64,20	74,50
	8:00:00	70,38	62,20	66,80		8:00:00	75,14	65,00	71,70
	9:00:00	68,04	62,20	61,40		9:00:00	71,33	64,60	64,20
	10:00:00	66,68	62,70	58,20		10:00:00	67,07	62,70	57,20
	11:00:00	66,63	62,70	55,80		11:00:00	66,30	62,30	53,90
	12:00:00	65,55	61,90	53,40		12:00:00	63,45	60,40	49,90
	13:00:00	64,13	60,10	51,00		13:00:00	64,12	60,50	50,00
	14:00:00	62,49	58,70	51,90		14:00:00	61,78	58,20	48,00
	15:00:00	62,09	56,80	53,00		15:00:00	61,09	55,90	50,00
	16:00:00	61,63	56,00	53,00		16:00:00	60,64	55,00	51,90
	17:00:00	62,45	55,50	56,80		17:00:00	60,49	54,60	53,40
	18:00:00	63,38	55,50	59,60		18:00:00	61,14	55,10	57,20
	19:00:00	63,71	55,10	61,40		19:00:00	61,23	54,60	59,50
	20:00:00	66,08	55,60	64,10		20:00:00	62,15	54,60	60,90
	21:00:00	67,29	55,50	65,90		21:00:00	64,42	56,60	62,80
	22:00:00	68,17	56,50	67,30		22:00:00	64,58	57,00	64,10
	23:00:00	68,74	56,90	68,10		23:00:00	65,83	57,00	64,60
Viernes 16/06/2017	0:00:00	67,26	56,90	65,50	Sábado 17/06/2017	0:00:00	62,55	53,90	64,00
	1:00:00	66,91	57,30	65,90		1:00:00	63,96	54,30	65,30
	2:00:00	68,04	57,30	66,80		2:00:00	66,70	55,80	67,60
	3:00:00	69,80	58,70	68,10		3:00:00	67,94	56,70	68,90
	4:00:00	63,45	57,70	63,50		4:00:00	68,54	57,60	69,80
	5:00:00	64,77	57,10	64,80		5:00:00	68,61	58,60	70,10
	6:00:00	76,64	64,90	68,50		6:00:00	68,50	61,00	70,60
	7:00:00	72,15	61,90	70,30					
	8:00:00	69,52	61,40	65,90					
	9:00:00	67,02	60,40	61,00					
	10:00:00	64,91	60,00	56,30					
	11:00:00	65,81	61,00	54,00					
	12:00:00	64,15	60,50	52,50					
	13:00:00	63,05	59,70	50,50					
	14:00:00	58,75	56,30	47,90					
	15:00:00	57,05	53,40	47,90					
	16:00:00	56,83	53,00	49,40					
	17:00:00	56,13	52,10	50,90					
	18:00:00	56,46	51,60	54,70					
	19:00:00	57,01	51,60	56,60					
	20:00:00	58,31	51,60	58,50					
	21:00:00	59,33	52,10	60,30					
	22:00:00	60,62	52,00	61,70					
	23:00:00	61,23	53,50	62,60					

% HUMEDAD RELATIVA



Anexo 6. Cálculo de la inercia térmica de la vivienda 2

INERCIA TERMICA VIVIENDA 2						
Fecha		Temperatura C° max	Temperatura C° promedio	Amplitud térmica	F amortiguamiento	FRO Factor de amortiguamiento
6/12/2017	Temperatura C° exterior	34,32	28,06	6,25	0,47	0,53
	Temperatura C° interior	29,27	26,33	2,94		
06/13/2017	Temperatura C° exterior	33,84	25,95	7,89	0,47	0,53
	Temperatura C° interior	28,55	24,85	3,70		
06/14/2018	Temperatura C° exterior	33,11	26,00	7,11	0,42	0,58
	Temperatura C° interior	28,20	25,23	2,97		
06/15/2019	Temperatura C° exterior	34,42	26,39	8,03	0,45	0,55
	Temperatura C° interior	29,22	25,61	3,61		
06/16/2020	Temperatura C° exterior	33,63	26,64	7,00	0,43	0,57
	Temperatura C° interior	29,27	26,28	2,99		

AMPLITUD = Temperatura C° max - Temperatura C° promedio

F = Amplitud térmica (Temperatura C° exterior) / Amplitud térmica (Temperatura C° interior)

$$FRO = 1 - f \quad \text{con} \quad f = \frac{A_{Int}}{A_{Ext}}$$

Anexo 7. Cuadro de % Humedad Relativa horaria en la vivienda 2, en los 6 días de mediciones in-situ

% HUMEDAD RELATIVA VIVIENDA 2									
	HORA	INTERIOR	TECHO	EXTERIOR		HORA	INTERIOR	TECHO	EXTERIOR
Lunes 12 /06/2017	0:00:00				Martes 13 /06/2017	0:00:00	83,79	82,34	87,14
	1:00:00					1:00:00	84,47	83,36	88,16
	2:00:00					2:00:00	86,19	84,82	89,61
	3:00:00					3:00:00	87,42	86,32	90,68
	4:00:00					4:00:00	87,14	86,45	90,32
	5:00:00					5:00:00	86,59	84,46	89,97
	6:00:00					6:00:00	85,67	83,79	88,32
	7:00:00					07:00:00	85,29	84,92	84,44
	8:00:00					08:00:00	76,24	74,28	69,15
	9:00:00	58,04	52,53	60,31		09:00:00	69,62	62,19	57,12
	10:00:00	56,85	49,69	48,51		10:00:00	66,18	57,44	52,16
	11:00:00	56,00	48,17	44,52		11:00:00	63,95	56,71	49,97
	12:00:00	53,11	47,37	40,80		12:00:00	62,50	54,90	48,04
	13:00:00	55,56	48,28	42,45		13:00:00	59,78	55,33	50,20
	14:00:00	55,06	49,39	43,09		14:00:00	62,27	57,29	50,88
	15:00:00	59,17	54,14	50,50		15:00:00	61,33	57,42	51,23
	16:00:00	64,19	59,72	57,39		16:00:00	66,86	63,42	59,94
	17:00:00	64,57	62,23	64,28		17:00:00	70,02	68,16	67,56
	18:00:00	67,49	66,32	70,79		18:00:00	74,88	73,26	76,77
	19:00:00	72,36	70,93	76,90		19:00:00	77,12	75,76	81,17
	20:00:00	73,46	71,86	78,67		20:00:00	77,12	74,25	83,13
	21:00:00	77,57	76,32	82,73		21:00:00	79,32	78,40	84,69
	22:00:00	80,50	75,34	84,58		22:00:00	80,82	79,72	86,18
23:00:00	82,63	81,11	86,32	23:00:00	82,51	81,83	88,17		
Miércoles 14 /06/2017	0:00:00	84,22	83,55	89,63	Jueves 15 /06/2017	0:00:00	86,31	86,72	91,92
	1:00:00	85,66	85,79	90,90		1:00:00	87,43	88,03	91,71
	2:00:00	86,72	87,00	91,68		2:00:00	87,58	88,03	91,90
	3:00:00	87,58	87,87	92,50		3:00:00	88,03	88,34	92,31
	4:00:00	88,17	85,54	93,15		4:00:00	89,14	88,98	93,18
	5:00:00	89,47	88,97	93,62		5:00:00	89,82	88,65	93,18
	6:00:00	88,17	87,87	91,47		6:00:00	90,73	89,82	94,12
	07:00:00	86,18	85,66	82,47		07:00:00	88,18	87,88	88,34
	08:00:00	78,49	76,58	71,04		08:00:00	84,78	83,41	81,37
	09:00:00	71,61	64,20	62,91		09:00:00	73,56	69,47	62,88
	10:00:00	63,91	58,85	57,67		10:00:00	65,38	61,69	54,11
	11:00:00	66,34	65,10	55,06		11:00:00	62,49	55,25	47,12
	12:00:00	65,63	63,00	50,97		12:00:00	62,15	52,25	48,70
	13:00:00	65,50	60,45	49,84		13:00:00	61,78	52,97	48,09
	14:00:00	64,65	64,38	54,50		14:00:00	60,69	58,64	50,03
	15:00:00	66,28	63,52	57,78		15:00:00	63,12	59,77	53,51
	16:00:00	68,39	64,54	59,86		16:00:00	63,36	59,37	60,31
	17:00:00	71,12	68,74	71,42		17:00:00	68,10	63,43	67,08
	18:00:00	73,21	71,82	78,17		18:00:00	71,62	70,17	76,91
	19:00:00	76,24	76,32	81,50		19:00:00	73,56	73,97	80,69
	20:00:00	80,50	80,33	85,15		20:00:00	74,31	76,20	83,32
	21:00:00	82,27	82,89	87,29		21:00:00	73,12	75,17	85,41
	22:00:00	84,91	84,91	89,31		22:00:00	74,30	77,34	87,73
23:00:00	80,70	81,05	90,36	23:00:00	78,25	78,25	86,86		
Viernes 16/06/2017	0:00:00	80,24	79,57	87,14	Sabado 17/06/2017	0:00:00	79,48	78,93	86,18
	1:00:00	79,19	79,35	87,14		1:00:00	81,36	81,27	86,31
	2:00:00	79,83	79,11	88,03		2:00:00	84,33	82,91	88,18
	3:00:00	81,79	81,04	88,50		3:00:00	84,92	83,44	87,87
	4:00:00	76,19	77,06	78,54		4:00:00	85,66	84,21	88,97
	5:00:00	76,63	75,39	81,65		5:00:00	85,41	83,99	88,33
	6:00:00	81,25	78,75	86,72		6:00:00	85,30	83,80	88,20
	07:00:00	81,79	80,59	85,91					
	08:00:00	76,74	73,61	72,62					
	09:00:00	67,84	61,59	58,28					
	10:00:00	63,68	58,63	50,58					
	11:00:00	63,65	57,33	49,79					
	12:00:00	61,69	55,57	50,19					
	13:00:00	62,07	56,03	50,78					
	14:00:00	59,53	56,17	49,75					
	15:00:00	60,11	54,93	52,22					
	16:00:00	63,05	59,51	58,20					
	17:00:00	66,03	62,38	65,01					
	18:00:00	62,45	63,19	72,55					
	19:00:00	64,26	66,14	77,13					
	20:00:00	66,39	68,47	79,49					
	21:00:00	72,99	71,65	81,83					
	22:00:00	76,29	76,35	82,92					
23:00:00	76,49	75,36	84,46						

% HUMEDAD RELATIVA

ALTA
MEDIA
BAJA

Anexo 8. Resumen de diario de temperatura interiores de las simulaciones vivienda 1

Fecha	VIVIENDA 1 ORIGINAL			VIVIENDA 1 CON SOMBRA			VIVIENDA 1 MEJORADO				
	VIVIENDA 1 ORIGINAL	DORMITORIO	SALA	VIVIENDA 1 CON SOMBRA	DORMITORIO	SALA	VIVIENDA 1 MEJORADO	DORMITORIO	SALA		
	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C		
12/6/2005	150000	28,87	28,31	29,01	28,04	27,63	28,04	24,61	24,66	24,40	
	200000	28,58	27,98	28,68	27,76	27,32	27,74	24,22	24,23	23,99	
	300000	28,18	27,55	28,25	27,37	26,91	27,32	23,74	23,71	23,47	
	400000	27,78	27,13	27,81	26,99	26,51	26,91	23,28	23,23	22,98	
	500000	27,38	26,71	27,38	26,62	26,12	26,51	22,86	22,79	22,54	
	600000	26,98	26,29	26,96	26,24	25,73	26,12	22,43	22,35	22,11	
	700000	26,61	25,89	26,56	25,89	25,36	25,74	22,03	21,93	21,70	
	800000	26,45	25,56	26,50	25,79	25,05	25,76	22,04	21,64	21,90	
	900000	26,81	25,33	27,22	26,19	24,85	26,52	22,57	21,57	22,85	
	1000000	27,16	25,22	27,89	26,42	24,78	26,93	22,97	21,74	23,43	
	1100000	27,11	25,26	27,83	26,26	24,86	26,64	23,18	22,16	23,58	
	1200000	27,10	25,43	27,70	26,26	25,07	26,54	23,76	22,85	24,21	
	1300000	27,34	25,76	27,91	26,57	25,43	26,86	24,68	23,74	25,29	
	1400000	27,73	26,23	28,31	26,99	25,91	27,31	25,56	24,63	26,27	
	1500000	28,30	26,83	28,88	27,51	26,52	27,85	26,33	25,47	27,11	
	1600000	29,15	27,54	29,70	28,09	27,18	28,44	26,97	26,20	27,73	
	1700000	29,35	27,92	29,76	28,34	27,42	28,58	27,52	26,64	28,05	
	1800000	29,84	28,67	30,25	28,89	27,95	29,04	27,86	27,02	28,28	
	1900000	29,06	28,45	29,36	28,22	27,70	28,36	26,76	26,58	27,01	
	2000000	28,85	28,55	29,06	28,04	27,78	28,11	26,24	26,36	26,35	
	2100000	28,58	28,35	28,73	27,81	27,61	27,84	25,77	25,94	25,78	
	2200000	28,22	27,95	28,30	27,48	27,28	27,46	25,25	25,42	25,19	
	2300000	28,34	28,01	28,42	27,60	27,34	27,57	25,08	25,20	24,97	
	000000	29,13	28,63	29,28	28,27	27,90	28,29	25,00	25,09	24,84	
	100000	28,88	28,30	29,01	28,03	27,61	28,04	24,56	24,60	24,34	
	200000	28,55	27,94	28,65	27,73	27,28	27,71	24,14	24,15	23,89	
	300000	28,23	27,59	28,29	27,43	26,96	27,38	23,75	23,74	23,48	
	400000	27,90	27,24	27,94	27,13	26,63	27,06	23,39	23,35	23,11	
	500000	27,57	26,89	27,60	26,83	26,32	26,75	23,06	23,00	22,77	
	600000	27,25	26,55	27,26	26,54	26,01	26,44	22,74	22,66	22,46	
	700000	26,94	26,22	26,93	26,25	25,71	26,15	22,41	22,32	22,13	
	800000	26,86	25,97	26,94	26,23	25,48	26,24	22,51	22,12	22,45	
	900000	27,30	25,82	27,76	26,72	25,39	27,10	23,21	22,16	23,59	
	1000000	27,77	25,83	28,56	27,08	25,49	27,65	23,82	22,49	24,43	
	1100000	27,85	25,99	28,63	27,05	25,65	27,50	24,16	23,10	24,69	
	1200000	27,99	26,32	28,67	27,23	26,02	27,59	24,85	23,97	25,41	
	1300000	28,40	26,80	29,06	27,71	26,55	28,09	25,84	24,94	26,55	
	1400000	28,94	27,44	29,62	28,30	27,21	28,71	26,80	25,92	27,62	
	1500000	29,62	28,20	30,28	28,95	27,99	29,39	27,66	26,88	28,54	
	1600000	30,52	29,01	31,15	29,62	28,75	30,10	28,38	27,70	29,25	
	1700000	31,29	29,95	31,80	30,41	29,58	30,77	29,45	28,64	30,11	
	1800000	31,91	30,80	32,42	31,07	30,23	31,39	29,93	29,18	30,47	
	1900000	31,48	30,99	31,87	30,75	30,34	30,99	29,31	29,18	29,69	
	2000000	31,30	31,14	31,59	30,58	30,45	30,75	28,89	29,07	29,11	
	2100000	31,05	30,91	31,28	30,37	30,27	30,49	28,42	28,69	28,54	
	2200000	30,70	30,50	30,88	30,06	29,93	30,14	27,91	28,15	27,95	
	2300000	30,73	30,47	30,88	30,08	29,89	30,13	27,60	27,80	27,59	
	000000	31,17	30,77	31,36	30,40	30,14	30,47	27,12	27,32	27,02	
	100000	30,86	30,41	31,02	30,09	29,79	30,12	26,59	26,75	26,42	
	200000	30,46	29,98	30,57	29,71	29,39	29,70	26,09	26,22	25,86	
	300000	30,06	29,55	30,12	29,33	28,99	29,28	25,60	25,71	25,33	
	400000	29,66	29,13	29,69	28,96	28,60	28,88	25,15	25,24	24,85	
	500000	29,29	28,73	29,29	28,61	28,22	28,51	24,75	24,81	24,43	
	600000	28,95	28,36	28,92	28,29	27,88	28,17	24,38	24,42	24,06	
	700000	28,62	28,02	28,58	27,97	27,55	27,84	24,04	24,05	23,72	
	800000	28,34	27,72	28,30	27,70	27,26	27,57	23,79	23,77	23,49	
	900000	28,16	27,51	28,14	27,52	27,05	27,41	23,67	23,64	23,42	
	1000000	28,06	27,39	28,08	27,42	26,91	27,34	23,67	23,63	23,49	
	1100000	28,01	27,35	28,06	27,35	26,84	27,30	23,73	23,70	23,59	
	1200000	28,02	27,39	28,08	27,35	26,86	27,32	23,88	23,88	23,80	
	1300000	28,07	27,49	28,16	27,40	26,92	27,39	24,10	24,12	24,08	
	1400000	28,14	27,60	28,23	27,45	27,00	27,45	24,29	24,34	24,30	
	1500000	28,23	27,74	28,33	27,52	27,10	27,54	24,49	24,56	24,53	
	1600000	28,30	27,86	28,42	27,58	27,19	27,61	24,62	24,71	24,66	
	1700000	28,00	27,67	28,07	27,38	27,07	27,39	24,97	25,03	25,01	
	1800000	27,96	27,66	28,00	27,35	27,07	27,34	24,97	25,04	25,00	
	1900000	27,33	27,10	27,32	26,81	26,59	26,76	24,61	24,67	24,60	
	2000000	27,06	26,85	27,01	26,56	26,36	26,48	24,33	24,39	24,28	
	2100000	26,78	26,56	26,70	26,30	26,09	26,19	24,08	24,12	24,04	
	2200000	26,47	26,25	26,38	26,01	25,79	25,88	23,99	23,99	23,97	
	2300000	26,48	26,21	26,38	25,99	25,74	25,86	23,94	23,94	23,91	
	000000	26,82	26,46	26,75	26,24	25,93	26,12	23,19	23,21	23,02	
	100000	26,60	26,21	26,54	26,02	25,69	25,90	22,78	22,80	22,55	
	200000	26,32	25,91	26,24	25,74	25,39	25,60	22,45	22,46	22,21	
	300000	26,03	25,60	25,94	25,44	25,09	25,30	22,14	22,13	21,88	
	400000	25,75	25,29	25,65	25,16	24,79	25,00	21,85	21,82	21,59	
	500000	25,46	24,99	25,36	24,88	24,50	24,72	21,57	21,53	21,32	
	600000	25,18	24,69	25,08	24,62	24,22	24,46	21,31	21,26	21,06	
	700000	24,91	24,40	24,80	24,36	23,94	24,19	21,06	20,99	20,81	
	800000	24,71	24,17	24,63	24,18	23,72	24,04	20,94	20,83	20,73	
	900000	24,98	24,08	25,16	24,49	23,66	24,62	21,50	20,94	21,63	
	1000000	25,44	24,09	25,94	24,87	23,72	25,22	22,15	21,28	22,56	
	1100000	25,54	24,24	26,07	24,90	23,92	25,18	22,50	21,85	22,89	
	1200000	25,66	24,55	26,10	25,06	24,25	25,27	23,12	22,64	23,53	
	1300000	26,02	24,96	26,47	25,48	24,69	25,73	23,99	23,47	24,54	
	1400000	26,48	25,48	26,95	25,95	25,23	26,22	24,78	24,28	25,42	
	1500000	27,02	26,06	27,48	26,45	25,82	26,75	25,40	24,96	26,09	
	1600000	27,72	26,64	28,15	26,91	26,36	27,22	25,85	25,48	26,50	
	1700000	28,19	27,20	28,51	27,41	26,82	27,62	26,51	26,02	26,97	
	1800000	28,55	27,72	28,87	27,83	27,18	28,00	26,69	26,22	27,03	
	1900000	27,87	27,50	28,09	27,24	26,92	27,36	25,87	25,85	26,07	
	2000000	27,52	27,34	27,67	26,93	26,77	26,99	25,30	25,47	25,38	
	2100000	27,21	27,03	27,31	26,66	26,51	26,68	24,85	25,01	24,86	
	2200000	26,87	26,66	26,92	26,36	26,19	26,34	24,43	24,56	24,39	
	2300000	26,86	26,61	26,89	26,34	26,13	26,30	24,22	24,29	24,13	
	16/6/2005	000000	27,15	26,77	27,21	26,54	26,26	26,51	23,79	23,85	23,65
		100000	26,91	26,50	26,95	26,31	26,00	26,26	23,38	23,45	23,18
		200000	26,62	26,18	26,63	26,03	25,72	25,97	23,06	23,10	22,83
		300000	26,34	25,88	26,33	25,78	25,45	25,70	22,76	22,78	22,53
		400000	26,07	25,60	26,04	25,54	25,19	25,45	22,47	22,48	22,23
		500000	25,82	25,33	25,78	25,30	24,94	25,20	22,20	22,20	21,96
		600000	25,58	25,08	25,53	25,08	24,71	24,97	21,94	21,93	21,70
		700000	25,35	24,84	25,30	24,86	24,49	24,75	21,70	21,68	21,47
		800000	25,14	24,63	25,09	24,67	24,29	24,56	21,49	21,47	21,27
		900000	24,96	24,45	24,92	24,51	24,12	24,41	21,37	21,34	21,17
		1000000	24,94	24,39	24,94	24,49	24,07	24,44	21,51	21,46	21,39
		1100000	24,92	24,39	24,95	24,47	24,05	24,44	21,65	21,62	21,58
		1200000	24,95	24,46	25,00	24,50	24,10	24,49	21,84	21,83</	

Anexo 9. Resumen de diario de temperatura interiores de las simulaciones vivienda 2

		VIVIENDA 2 ORIGINAL		VIVIENDA 2 CON SOMBRA		VIVIENDA 2 MEJORADO				VIVIENDA 2 ORIGINAL		VIVIENDA 2 CON SOMBRA		VIVIENDA 2 MEJORADO	
		DORMITORIO		DORMITORIO		DORMITORIO				DORMITORIO		DORMITORIO		DORMITORIO	
Fecha	/Hora	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Fecha	/Hora	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C	Temperatura del Aire °C
12/6/2005	1:00:00	25,46	24,62	24,67	24,17	23,86	23,75	15/6/2005	0:00:00	24,51	24,22	24,19	23,95	23,15	23,12
	2:00:00	25,10	24,22	24,44	24,08	23,59	23,65		1:00:00	24,20	23,78	23,94	23,83	22,82	22,82
	3:00:00	24,67	23,98	24,05	23,72	23,25	23,17		2:00:00	23,97	23,85	23,69	23,61	22,53	22,51
	4:00:00	24,33	23,79	23,79	23,58	22,89	22,77		3:00:00	23,73	23,49	23,40	23,29	22,27	22,23
	5:00:00	24,05	23,54	23,45	23,20	22,51	22,35		4:00:00	23,46	23,22	23,14	23,02	22,03	21,96
	6:00:00	23,68	23,16	23,10	22,81	22,15	21,94		5:00:00	23,22	22,96	22,91	22,77	21,81	21,71
	7:00:00	23,43	22,85	22,83	22,53	21,83	21,59		6:00:00	23,00	22,72	22,70	22,53	21,58	21,48
	8:00:00	24,48	24,33	23,98	24,23	22,71	23,79		7:00:00	22,77	22,47	22,48	22,30	21,37	21,24
	9:00:00	25,89	26,51	25,45	26,28	23,66	25,46		8:00:00	23,14	23,06	22,88	22,91	21,56	21,71
	10:00:00	27,73	29,03	27,15	28,63	24,56	27,06		9:00:00	24,42	24,74	24,17	24,58	22,42	23,58
	11:00:00	29,68	31,04	28,97	30,19	25,45	27,84		10:00:00	26,28	27,11	25,91	26,82	23,44	25,23
	12:00:00	31,43	32,73	30,45	31,55	26,44	28,72		11:00:00	27,64	28,55	27,12	27,87	24,18	25,96
	13:00:00	32,48	33,64	31,39	32,41	27,21	29,32		12:00:00	29,05	30,01	28,39	29,08	24,96	26,70
	14:00:00	33,04	34,00	31,82	32,76	27,71	29,70		13:00:00	29,45	30,38	28,78	29,52	25,55	27,27
	15:00:00	33,20	33,90	31,87	32,71	28,08	29,87		14:00:00	29,69	30,55	28,81	29,63	25,80	27,53
	16:00:00	33,05	33,43	31,67	32,34	28,35	29,81		15:00:00	29,73	30,40	28,79	29,56	26,04	27,68
	17:00:00	31,81	32,30	30,53	31,35	28,16	29,46		16:00:00	29,61	29,96	28,60	29,23	26,20	27,62
	18:00:00	30,60	30,68	29,24	29,70	27,80	28,74		17:00:00	28,98	29,16	28,09	28,51	26,33	27,34
	19:00:00	28,76	29,07	27,62	28,18	26,76	27,80		18:00:00	28,29	28,26	27,48	27,61	26,17	26,80
	20:00:00	28,09	28,36	27,02	27,52	26,04	26,86		19:00:00	27,08	27,14	26,40	26,56	25,57	26,13
	21:00:00	27,48	27,72	26,50	26,94	25,49	26,17		20:00:00	26,51	26,55	25,91	26,04	25,05	25,46
	22:00:00	26,92	27,12	26,02	26,40	24,99	25,55		21:00:00	26,09	26,10	25,55	25,63	24,68	24,98
	23:00:00	26,42	26,26	25,56	25,62	24,52	24,72		22:00:00	25,71	25,69	25,22	25,26	24,33	24,54
13/6/2005	0:00:00	25,92	25,15	25,03	24,61	24,11	23,98	23:00:00	25,36	25,13	24,91	24,77	24,07	24,03	
	1:00:00	25,42	24,48	24,62	24,13	23,81	23,65	0:00:00	25,01	24,47	24,52	24,18	23,70	23,84	
	2:00:00	25,11	24,10	24,44	24,02	23,50	23,46	1:00:00	24,69	24,15	24,29	24,00	23,43	23,55	
	3:00:00	24,84	24,11	24,21	23,93	23,20	23,15	2:00:00	24,46	24,01	24,06	23,90	23,15	23,22	
	4:00:00	24,59	23,85	24,05	23,86	22,92	22,83	3:00:00	24,28	23,85	23,92	23,81	22,88	22,93	
	5:00:00	24,37	23,74	23,78	23,59	22,64	22,51	4:00:00	24,04	23,80	23,71	23,52	22,62	22,64	
	6:00:00	24,09	23,58	23,54	23,25	22,32	22,17	5:00:00	23,89	23,54	23,52	23,31	22,38	22,37	
	7:00:00	23,88	23,34	23,34	23,02	22,04	21,87	6:00:00	23,73	23,35	23,35	23,13	22,17	22,15	
	8:00:00	25,15	25,20	24,71	25,01	23,00	24,16	7:00:00	23,56	23,16	23,20	22,97	22,00	21,95	
	9:00:00	27,17	27,88	26,73	27,59	24,15	26,11	8:00:00	23,64	23,33	23,31	23,16	22,03	22,06	
	10:00:00	29,35	30,57	28,81	30,17	25,38	27,97	9:00:00	23,86	23,60	23,58	23,46	22,05	22,12	
	11:00:00	30,86	32,23	30,10	31,35	26,29	28,83	10:00:00	24,47	24,22	24,19	24,08	22,34	22,57	
	12:00:00	32,40	33,79	31,45	32,61	27,14	29,66	11:00:00	24,41	24,10	24,09	23,91	22,31	22,49	
	13:00:00	33,66	34,92	32,58	33,67	27,96	30,33	12:00:00	24,72	24,48	24,41	24,28	22,50	22,77	
	14:00:00	34,59	35,66	33,43	34,44	28,65	30,91	13:00:00	24,99	24,84	24,67	24,59	22,69	23,04	
	15:00:00	34,53	35,37	33,25	34,19	29,10	31,19	14:00:00	26,75	26,58	26,36	26,30	23,39	23,92	
	16:00:00	34,57	35,08	33,25	34,01	29,36	31,17	15:00:00	28,44	28,14	27,94	27,82	24,51	25,14	
	17:00:00	33,84	34,28	32,68	33,37	29,66	31,03	16:00:00	29,85	29,35	29,28	29,06	25,65	26,22	
	18:00:00	32,86	32,90	31,63	32,03	29,51	30,51	17:00:00	29,39	28,99	28,85	28,67	26,30	26,60	
	19:00:00	31,12	31,25	30,08	30,45	28,78	29,61	18:00:00	28,74	28,07	28,16	27,77	26,40	26,38	
	20:00:00	30,46	30,54	29,51	29,81	28,15	28,76	19:00:00	27,36	26,64	26,83	26,32	25,89	25,71	
	21:00:00	29,91	29,97	29,05	29,29	27,68	28,17	20:00:00	26,65	25,93	26,17	25,65	25,38	25,06	
	22:00:00	29,40	29,44	28,62	28,81	27,24	27,62	21:00:00	26,23	25,56	25,79	25,29	24,96	24,60	
23:00:00	28,98	28,79	28,23	28,21	26,84	27,02	22:00:00	25,83	25,21	25,45	24,98	24,56	24,20		
14/6/2005	0:00:00	28,50	27,96	27,73	27,50	26,26	26,34	23:00:00	25,50	24,79	25,15	24,61	24,23	23,86	
	1:00:00	27,93	27,29	27,25	26,92	25,83	25,79	0:00:00	25,13	24,30	24,73	24,13	23,76	23,57	
	2:00:00	27,43	26,73	26,77	26,39	25,39	25,28	1:00:00	24,76	24,00	24,40	23,87	23,46	23,31	
	3:00:00	26,95	26,19	26,29	25,85	24,95	24,77	2:00:00	24,45	23,86	24,09	23,77	23,13	22,95	
	4:00:00	26,59	25,78	25,97	25,47	24,55	24,33	3:00:00	24,12	23,54	23,80	23,43	22,81	22,59	
	5:00:00	26,31	25,46	25,72	25,18	24,27	23,98	4:00:00	23,84	23,28	23,56	23,17	22,51	22,27	
	6:00:00	26,04	25,18	25,48	24,92	24,09	24,05	5:00:00	23,63	23,02	23,33	22,92	22,25	22,01	
	7:00:00	25,77	24,93	25,25	24,70	23,93	23,69	6:00:00	23,45	22,83	23,14	22,73	22,01	21,76	
	8:00:00	26,03	25,44	25,52	25,19	23,93	24,07	7:00:00	23,21	22,58	22,92	22,50	21,79	21,53	
	9:00:00	26,45	25,98	25,94	25,71	24,01	24,09	8:00:00	23,95	23,57	23,84	23,51	22,25	22,16	
	10:00:00	26,81	26,50	26,29	26,22	24,19	24,48	9:00:00	26,07	26,24	25,91	26,14	23,62	24,50	
	11:00:00	26,96	26,63	26,43	26,31	24,25	24,55	10:00:00	28,45	29,18	28,25	28,98	25,02	26,82	
	12:00:00	27,42	27,19	26,91	26,83	24,48	24,88	11:00:00	30,26	31,17	29,84	30,47	26,04	27,84	
	13:00:00	27,74	27,56	27,22	27,17	24,78	25,27	12:00:00	31,34	32,38	30,77	31,37	26,86	28,65	
	14:00:00	27,48	27,39	26,93	26,98	24,82	25,36	13:00:00	32,56	33,51	31,86	32,44	27,58	29,28	
	15:00:00	27,55	27,53	26,98	27,10	24,85	25,48	14:00:00	33,44	34,22	32,59	33,12	28,27	29,89	
	16:00:00	27,52	27,49	26,93	27,04	24,88	25,53	15:00:00	33,73	34,25	32,79	33,23	28,77	30,22	
	17:00:00	27,16	27,27	26,67	26,75	24,96	25,38	16:00:00	33,49	33,73	32,49	32,79	29,10	30,26	
	18:00:00	26,79	26,86	26,35	26,40	24,80	25,09	17:00:00	32,31	32,60	31,36	31,79	28,94	29,95	
	19:00:00	26,09	26,25	25,71	25,78	24,46	24,68	18:00:00	31,17	31,09	30,17	30,30	28,64	29,28	
	20:00:00	25,79	25,93	25,47	25,53	24,19	24,35	19:00:00	29,41	29,49	28,53	28,80	27,65	28,35	
	21:00:00	25,46	25,57	25,16	25,20	23,93	24,02	20:00:00	28,70	28,75	27,89	28,11	26,98	27,53	
	22:00:00	25,13	25,21	24,86	24,87	23,81	23,71	21:00:00	28,08	28,12	27,37	27,54	26,42	26,86	
23:00:00	24,81	24,68	24,53	24,38	23,67	23,40	22:00:00	27,53	27,55	26,89	27,03	25,95	26,29</		