

EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN UNA VIS POR LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS  
LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERÍA.



MAURICIO RAFAEL ANGULO HERNANDEZ

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.

2020

EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO EN UNA VIS POR LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS  
LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERÍA.

Trabajo de grado para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

LINEA DE INVESTIGACION GESTIÓN AMBIENTAL

MAURICIO RAFAEL ANGULO HERNANDEZ

DIRECTOR

JAVIER MOUTHON BELLO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN MODELACIÓN AMBIENTAL (GIMA)

MAURICIO RAFAEL ANGULO HERNANDEZ

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.

2020

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

El llegar a este punto me llena de satisfacción, primeramente, gracias a Dios por darme la vida y la oportunidad de ir por este camino de crecimiento profesional, siendo su voluntad ejecutar las cosas de manera correcta, así mismo, puso personas que fueron de vital importancia en el proceso de ejecución de este proyecto, cada una de esas personas dejó su marca de sabiduría, la cual ha sido bien recibida y aprovechada en cada situación presentada.

Agradezco a Javier Mouthon, director de mi proyecto de grado por ser una persona de excelencia, modelo de profesional a seguir, al programa de ingeniería y a cada una de las personas que pone su grano de arena para formar profesionales en excelencia, también agradezco a mis padres por su dedicación y acompañamiento a lo largo de mi proceso de vida y a Michell carrasquilla por su apoyo constante y confianza en mí.



## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	14
INTRODUCCION.....	16
1. MARCO REFERENCIAL .....	20
1.1 marco teorico .....	20
1.2 ANTECEDENTES .....	27
1.3 ESTADO DEL ARTE .....	32
2. OBJETIVOS.....	36
2.1 Objetivo general.....	36
2.2 Objetivos específicos .....	36
3. ALCANCE DEL PROYECTO .....	37
4. METODOLOGIA.....	40
5. RESULTADOS.....	56
5.1 Analisis de variacion de temperatura y humedad al interior de unidades habitacionales en Clima calido humedo. ....	56
5.2 Monitoreo y clasificación de unidades habitacionales a escala de laboratorio.....	72
6. LINEAMIENTOS .....	110
7. CONCLUSIONES.....	113
8. REFERENCIAS .....	118



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación esquemática de calor en viviendas.....	25
Ilustración 2. Plantas piloto de viviendas con cubiertas verdes en Universidad de Cartagena (Bettín, 2017).....	30
Ilustración 3. Ubicación de desarrollo del proyecto.....	37
Ilustración 4. Modelado en Revit 2019 de módulos sobre cubierta de Conjunto Residencial Los Tamarindos y recorrido solar del día 5 de mayo de 2019 5:30 p.m. ....	38
Ilustración 5. Esquema de metodología para la ejecución del proyecto sistema de almacenamiento en muros de mampostería.....	41
Ilustración 6. Modelo en Revit 2019 - 3D de unidades habitacionales a escala de laboratorio .....	42
Ilustración 7. Plano de planta unidad habitacional control.....	43
Ilustración 8. Plano de planta unidad habitacional experimental. ....	44
Ilustración 9. Detalle en corte de puntos de medición en unidad control.....	46
Ilustración 10. Detalle en corte de puntos de medición en unidad habitacional experimental. ....	46
Ilustración 11. Materiales recomendados para la construcción de VIS de acuerdo a su Inercia térmica y zona climática (Minvivienda, Los Materiales de Construcción en Vivienda de Interés Social, 2011).....	57
Ilustración 12. Orientación óptima para clima cálido húmedo en VIS (Minvivienda, Calidad en la vivienda de Interes Social, 2011).....	59
Ilustración 13. Orientación de VIS Cartagena San José de los Campanos Urbanización Horizontes Etapa 5 (López, 2015).....	60
Ilustración 14. Plano de ubicación y orientación de fachada de las VIS Barranquilla Urbanización Villas de San Pablo (Martínez, 2018). ....	60
Ilustración 15. Modelo en Revit 2019 - 3D Orientación en módulos de unidades habitacionales a escala de laboratorio .....	61
Ilustración 16. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Cartagena, modulo control y experimental en puntos de medición #6 - #8 para condición de orientación bioclimática Oeste. ....	64
Ilustración 17. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Cartagena, modulo control y experimental en puntos de medición #6 - #8 para condición de orientación bioclimática Este.....	65
Ilustración 18. Desviaciones estándar de promedio de temperaturas de ambiente en el punto de medición #6 y #8 en modulo experimental y control para las orientaciones Este y Oeste. ....	66
Ilustración 19. Puntos de medición de VIS Barranquilla Urbanización Villas de San Pablo (Martínez, 2018). ....	67



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Ilustración 20. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Barranquilla, modulo control y experimental en punto de medición #8 para condición de orientación bioclimática Este y Oeste. ....	68
Ilustración 21. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Barranquilla, modulo Control y Experimental en punto de medición #7 para condición de orientación bioclimática “Este” y “Oeste”. ....	69
Ilustración 22. Máximos y mínimos en promedio de 13 días para temperatura en punto de medición #8 para orientación Oeste modulo experimental y control. ....	73
Ilustración 23. Máximos y mínimos en promedio de 10 días para temperatura en punto de medición #8 para orientación Este módulo experimental y control. ....	73
Ilustración 24. Máximos y mínimos en promedio de 13 días para humedad relativa en punto de medición #7 para orientación Oeste modulo experimental y control. ....	74
Ilustración 25. Máximos y mínimos en promedio de 10 días para humedad relativa en punto de medición #7 para orientación Este módulo experimental y control. ....	75
Ilustración 26. Máximos y mínimos de promedios de temperatura en punto de medición #8 para orientación Este y Oeste en modulo experimental. ....	76
Ilustración 27. Máximos y mínimos de promedios de temperatura en punto de medición #8 para orientación Este y Oeste en modulo control. ....	77
Ilustración 28. Máximos y mínimos en promedio de humedad relativa en punto de medición #7 para orientación Este y Oeste modulo experimental. ....	77
Ilustración 29. Máximos y mínimos en promedio de humedad relativa en punto de medición #7 para orientación Este y Oeste modulo experimental. ....	78
Ilustración 30. Comparativo para modulo experimental y control con índice de confort con valores de Promedio – Máximos – Mínimos orientación “Oeste”. ....	80
Ilustración 31. Comparativo para modulo experimental y control con índice de confort con valores de Promedio – Máximos – Mínimos orientación “Este”. ....	81
Ilustración 32. lecturas por 13 días de temperatura de ambiente interior de modulo control y experimental con orientación “Oeste”. ....	83
Ilustración 33. lecturas por 10 días de temperatura de ambiente interior de modulo control y experimental con orientación “Oeste”. ....	83
34. Monitoreo de temperatura ambiente interior de punto de medición # 8 día con mayor temperatura orientación Oeste. ....	86
Ilustración 35. Monitoreo de punto de medición # 8 día con mayor temperatura orientación Este. ....	87
Ilustración 36. Grafica de índice de confort para orientación Este 28 de abril 2019. ....	89
Ilustración 37. Grafica de índice sensación experimentada para orientación Este 29 de abril 2019. ....	89
Ilustración 38. Grafica de índice sensación experimentada para orientación Oeste 24 de mayo de 2019. ....	90
Ilustración 39. Grafica de índice sensación experimentada para orientación Oeste 19 de mayo de 2019. ....	90
Ilustración 40 Grafica de humedad relativa para orientación Oeste 24 de abril de 2019. ....	91



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Ilustración 41. Termografías de módulo experimental en punto # 9 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:06 a.m. ....	94
Ilustración 42. Termografía de módulo control en punto # 9 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:06 a.m. ....	94
Ilustración 43. Ladrillo analizado con cámara termografía en cada módulo con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m. ....	95
Ilustración 44. Termografías de ladrillos temperatura mínima en módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m. ....	96
Ilustración 45. Termografía de máximo y mínimo muro control tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m. ....	96
Ilustración 46. Recomendaciones de cubiertas para control solar en VIS (Minvivienda, Los Materiales de Construcción en Vivienda de Interés Social, 2011).....	97
Ilustración 47. Zona analizada con termografía modulo experimental Temperatura punto de medición #8 y mínima en el área con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.....	98
Ilustración 48. Termografía de muro experimental en punto # 10 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.....	98
Ilustración 49. Zona de referencia (foto-7:00 a.m.) analizada con termografía ladrillo y punto #8 con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.....	99
Ilustración 50. Termografía de muro control en punto #10 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:23 a.m.....	99
Ilustración 51. Temperatura del material para los dos días más críticos sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medicion#10 y # 9 en orientación Este. ....	100
Ilustración 52. Temperatura del material para los dos días más críticos sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medicion#10 y # 9 en orientación “Oeste”...	101
Ilustración 53. Temperatura promedio del material para orientación Este sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medición #3 y #4. ....	102
Ilustración 54. Temperatura promedio del material para orientación Oeste sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medición #3 y #4. ....	103
Ilustración 55. Termografía para módulos con voladizo igualado Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:18 a.m. ....	105
Ilustración 56. Termografías de módulos en punto #9 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:18 a.m. ....	105
Ilustración 57. Ladrillo analizado con cámara termografía en cada módulo con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:18 a.m.....	106
Ilustración 58. Termografías de ladrillos en módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:20 a.m. ....	107
Ilustración 59. Zona de referencia (foto-7:00 a.m.) captura termografica en interior de módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 10:12 a.m. ....	107
Ilustración 60. Termografía en interior de módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 10:12 a.m. ....	108



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Ilustración 61. Interfaz de Revit 2019-vista en planta de unidades habitacionales a escala de laboratorio.....	127
Ilustración 62. Detalle en corte de unidad habitacionales a escala de laboratorio sin sistema de almacenamiento. ....	129
Ilustración 63. Detalle en corte de unidad habitacionales a escala de laboratorio con sistema de almacenamiento. ....	129
Ilustración 64. Fotografía de rodamientos, marco y lamina de soporte de las unidades habitacionales a escala de laboratorio. ....	130
Ilustración 65. Levante en mampostería de modulo con espacio para ventana de inspección de 0.2 m x 0.35 m. ....	131
Ilustración 66. Ventana de inspección instalada sobre unidades.....	131
Ilustración 67. Sistema de almacenamiento propuesto armado y soldado fuera de la unidad habitacional.....	132
Ilustración 68. Sistema de almacenamiento fijado sobre muros de mampostería, tubería de rebose y llave de control.....	133
Ilustración 69. Prueba de llenado de sistema de almacenamiento después de instalada la canaleta de captación de aguas lluvias. ....	134
Ilustración 70. Fotografías de ubicación de sensores, sistema de almacenamiento y pantallas LCD de los termómetros T -318.....	135
Ilustración 71. Fotografías de ubicación de sensores y pantallas LCD de los termómetros T -318.....	135
Ilustración 72. Evidencia fotográfica de las unidades a escala de laboratorio terminadas con dirección Oeste de muro experimental y control.....	136
Ilustración 73. Termómetro higrómetro digital de temperatura y humedad – T318. ....	138
Ilustración 74. Termómetro Digital Infrarrojo-Pistola Laser Gm320. ....	139
Ilustración 75. Cámara infrarroja Flir-tg165 .....	140



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de monitoreo y condiciones de cada caso para módulos.....	45
Tabla 2. Sistema de medición de materiales (1 – 12) – Variaciones en componentes en módulos – Variables analizadas. ....	51
Tabla 3 Análisis de mediciones realizados a módulos. ....	54
Tabla 4. Materiales de envolventes en base a Guía Técnica Los materiales de Construcción en Vivienda de Interés Social. ....	58
Tabla 5. Tiempo atmosférico para los días de monitoreo a unidades a escala de laboratorio. ....	64
Tabla 6. Promedios de temperatura de cubierta punto #2 en modulo control, experimental y viviendas de interés social Barranquilla. ....	70
Tabla 7. Temperaturas máximas presentadas por día para la orientación bioclimática “Oeste” para ambos módulos. ....	84
Tabla 8. Temperaturas máximas presentadas por día para la orientación bioclimática “Este” para ambos módulos. ....	85
Tabla 9. Resultados de Índice de confort realizado a los días más críticos de cada orientación. ....	88
Tabla 10. Resultados de Índice de confort para el día más crítico con la humedad de modulo control en ambos. ....	92
Tabla 11. Desviaciones estándar de promedio de temperaturas de material en el punto de medición #3 y #4 en modulo experimental y control para las orientaciones “Este” y “Oeste”.....	104
Tabla 12 Resultados de cálculo de índice de confort térmico con variación en el voladizo del módulo experimental. ....	109
Tabla 13. Análisis de precio unitario por metro cuadrado de instalación de sistema de almacenamiento con botellas reciclables “Ekomuro”. ....	111
Tabla 14. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #8 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo experimental.....	144
Tabla 15. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #8 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo control. ....	144
Tabla 16. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #8 para los 10 días de orientación bioclimática “Este” en modulo experimental. ....	145
Tabla 17. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #8 para los 10 días de orientación bioclimática “Este” en modulo control.....	145
Tabla 18. Promedio, máximos, mínimos e índice de confort con valores de temperatura y humedad punto #8 - #7 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo experimental. ....	146
Tabla 19. Promedio, máximos, mínimos e índice de confort con valores de temperatura y humedad punto #8 - #7 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo control.....	146



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Tabla 20. Promedio, máximos, mínimos e índice de confort con valores de temperatura y humedad punto #8 - #7 para los 10 días de orientación bioclimática “Este” en modulo experimental. ....	147
Tabla 21. Promedio, máximos, mínimos e índice de confort con valores de temperatura y humedad punto #8 - #7 para los 10 días de orientación bioclimática “Este” en modulo control. ....	147
Tabla 22. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #6 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo experimental. ....	148
Tabla 23. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #6 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo control. ....	148
Tabla 24. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #6 para los 13 días de orientación bioclimática “Este” en modulo experimental. ....	149
Tabla 25. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #6 para los 13 días de orientación bioclimática “Este” en modulo control. ....	149
Tabla 26. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Cartagena, modulo Control y Experimental en puntos de medición #6 - #8 para condición de orientación bioclimática “Oeste” y “Este”. ....	150
Tabla 27. Promedios de monitoreo en vivienda de interés social Barranquilla, modulo Control y Experimental en punto de medición #8 para condición de orientación bioclimática “Este” y “Oeste”. ....	153
Tabla 28. Promedios de monitoreo en vivienda de interés social Barranquilla, modulo Control y Experimental en punto de medición #7 para condición de orientación bioclimática “Este” y “Oeste”. ....	154



## RESUMEN

El calentamiento global que va de la mano con la contaminación ha generado un aumento de temperaturas que se registran y con mayor medida en las regiones cálidas. En las regiones cálidas la contaminación ha aumentado las temperaturas y esto ha incidido en el calentamiento global.

Para el caribe colombiano las viviendas presentan sensaciones térmicas internas mayores a las temperaturas que se registran fuera de la vivienda. Esta investigación busca conocer los cambios de temperatura y humedad al interior de dos unidades habitacionales a escala de laboratorio.

A una unidad se le adiciono un sistema de almacenamiento hidráulico fabricado con botellas recicladas embebido en muros de mampostería (Envolvente); Aumento de masa térmica para disipar la energía calorífica recibida.

Esta investigación se dio bajo un diseño experimental correlacional sobre un grupo de emparejamiento conformado por 2 unidades habitacionales a escala de laboratorio denominados: Modulo “Experimental” (Propuesto); Sistema de almacenamiento hidráulico embebido en un muro.

Modulo “Control”; unidad constituida bajo estándares convencionales. Se monitoreo a lo largo de 23 días, donde se utilizaron: Termómetro higrómetro digital de temperatura y humedad – T318; medición de temperatura ambiente y % humedad relativa. Termómetro Digital Infrarrojo-Pistola Laser Gm320; medición de temperatura superficial en materiales. Cámara infrarroja Flir-tg165; radiaciones térmicas de elementos.

Para obtener el resultado esperado de disminución de temperatura a favor del módulo “Experimental” al ser comparado con la unidad “Control”, la mejora se observó en: Temperatura ambiente al interior = 3.2°C, temperatura superficial del muro 0.9°C.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



La investigación se complementó calculando para cada módulo el índice de confort térmico, teniendo en cuenta que inicialmente los módulos tenían una variación a favor del “Control” con: Voladizo de la cubierta; reducción en tiempo de exposición solar sobre muro analizado.

Para los resultados en valores de índice de confort: Escala de 0 a 3; sensación térmica “Muy caluroso”. Se obtuvo que módulo “Experimental” con respecto al “Control” fue a favor con  $I_c=0.03$ , Por último, al igualar las cubiertas se obtuvo en la unidad “Experimental” una mejoría de “ $I_c$ ” del 20%, paso a ser  $I_c=0.15$  unidades de diferencia a favor de la unidad “Experimental”, por lo que es claro que el sistema de almacenamiento mejora la temperatura de los materiales, ambiente e índice de confort.

**Palabras clave:** Control, Experimental,  $I_c$ =Índice de confort, Envolverte.



## ABSTRACT

In hot zones pollution has increased the temperature and this has influenced global warming. In Colombia's country Atlantic Coast temperatures are higher inside the houses than outside. Within a laboratory scale, this research seeks to know the temperature and humidity changes in two houses. One house hydraulic system storage was made of recycle plastic bottle and embedded in masonry walls to increase the mass temperature to get rid of the hot energy received.

This research was carried out under a correctional experimental design which took into account two houses at a laboratory scale called: "Experimental module" (Proposed) with a storage system embedded in a wall called "Control Module" which is a house built up under conventional standards.

This correctional experimental design was monitored for 23 days. The tools used to monitor were as follows: Digital temperature and humidity thermometer hygrometer - T318; measurement of ambient temperature and% relative humidity. Infrared Digital Thermometer-Laser Gun Gm320; measurement of surface temperature in materials. Flir-tg165 infrared camera; thermal radiation of elements.

Comparing the "Experimental module" to the "Control module" was necessary to obtain lower temperature as the expect result. The benefits of the comparison were evident in outside temperatures vs inside temperature which was = 3.2°C, wall surface temperature 0.9°C.

The final stage of the research considered the comfort temperature point for each module including the first module variation for the "Control module" which use Roof overhang; reduction in solar exposure time on the analyzed wall. In terms of values of comfort point the results were as follows:



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



The temperature sensation showed a scale of 0 a 3 which is very hot. The comparison between the experimental and control modules showed better results for the “Experimental”  $I_c=0.03$ , Finally, when putting the overhang Roof on the “Experimental” module this showed an “ $I_c$ ” of 20% which meant an  $I_c$  of 0.15 units of difference. This means that the storage system improve the material, environment, and comfort point temperature.

**Key words:** Control, Experimental, Proposed system, Comfort index



## INTRODUCCION

La ciudad de Cartagena está localizada en el norte del departamento de Bolívar sobre la orilla del Mar Caribe. Se encuentra a 10° 25' 30" latitud norte y 075° 32' 25" de longitud oeste respecto al Meridiano de Greenwich, está ubicada en una zona costera típica, accidentada e irregular, conformada por procesos geológicos relacionados con el mar (CIOH, 2018).

El incremento de temperatura causado por el cambio climático es directamente proporcional al aumento de la temperatura al interior de VIS, por lo tanto, se han venido desarrollando estudios e investigaciones para evaluar cuáles son las condiciones, para implementar nuevas ideas que permitan contrarrestar las elevadas temperaturas. Un factor influyente en esta problemática es que se tiene como objetivo la construcción económica, con los diseños comúnmente utilizando en proyectos VIS, donde el principal objetivo es la terminación rápida y económica, esto se ve reflejado en no cumplimiento de condiciones mínimas de confort térmico en viviendas.

El crecimiento en el desarrollo del sector inmobiliario DANE (2018) mostro un informe que el área de construcción definida para VIS fue de 3.101.962  $m^2$  en el 2018 y se terminaron 38.237 unidades de vivienda en el 2017. Para el crecimiento y la problemática que se tienen en cuanto inexistencia de confort térmico en zonas de temperatura extrema como Cartagena, se debe buscar la implementación de sistemas que permitan mejorar condiciones de las viviendas, porque al interior de estas se generan grandes temperaturas en ocasiones mayores que la externas, lo que promueve el uso de aparatos electrónicos de enfriamiento, aumentando la demanda de estos y a su vez generando un excesivo consumo de energía.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



La temperatura del aire en la superficie de todo el planeta se ha elevado 1.0°C en promedio, respecto a los registros anuales en los últimos 115 años 1901-2016 a causa del cambio climático, sin embargo, los registros de temperatura de los años 2015-2017 fueron denominado los más calientes para el planeta desde que se tomaron estos registros, esto demostró una tendencia de aumento de temperatura en la continuidad de los años (NASA, 2018). Se divisó otro problema como la contaminación sobre recursos naturales, los ecosistemas, la salud y la calidad del ambiente, todo esto debido a la falta de educación ambiental que promueva la cultura del reciclaje y gestión integral de residuos sólidos (Gonzales, 2014). Todos estos factores mencionados anteriormente se tienen en cuenta en el desarrollo de este proyecto, debido a que el objetivo principal de esta investigación es evaluar la temperatura interna en VIS, mediante el uso de un sistema de almacenamiento que contribuye al buen manejo del agua y residuos reciclables para disminuir la contaminación.

El confort térmico en el interior de las VIS se busca como mejorar, la envolvente es participe en la transmisión de calor a razón de muros exteriores y cubierta, esto se ve reflejado al interior de estas; aumento de temperatura ambiente interior de unidades habitacionales. De acuerdo a el crecimiento de VIS y las problemáticas que estas tienen, surgen las siguientes interrogantes: ¿Ecológicamente se puede mejorar la temperatura interna de una VIS? ¿Cómo se puede estudiar y mejorar el comportamiento térmico en ellas? Estas preguntas Hacen parte del desarrollo de este proyecto, que busca el mejoramiento del confort térmico en VIS, y se encuentra direccionado a la línea de investigación Gestión Ambiental del grupo GIMA de la Universidad de Cartagena, debido a que se trabaja con recolección de aguas lluvias y materiales reciclables, que no solo cumplen su función de desecho utilizados en la mayoría de los casos. Este proyecto busca la construcción de un sistema de almacenamiento de aguas lluvias mediante botellas recicladas embebidas en una estructura fabricada con bloques de arcilla. Al emplear envases como alternativa ecológica en este proyecto, se mitiga la contaminación que estos causan, también mejorando así la temperatura que se genera internamente en VIS.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



En regiones de clima tropical cálido y húmedo como la ciudad de Cartagena se han analizado alternativas para mejorar condiciones de confort térmico al interior de viviendas, se comprobó que los materiales utilizados no generan condiciones óptimas, por lo tanto, puede haber una mejora utilizando materiales de construcción alternativos, como bloques macizos, cielo raso en icopor y tejas en madera, de este modo la temperatura puede ser reducida hasta en 1.5°C con esas variaciones (López, 2015). La evaluación de cubiertas verdes como contribución a la disminución de temperatura al interior de viviendas, dando como resultado mejores condiciones de confort térmico y disminución de CO<sub>2</sub> por la reducción de consumo eléctrico, se disminuyó la temperatura al interior de la vivienda en 1,5°C dando una mejora significativa a mejorar el rendimiento termo-energético (Bettín, 2017). Por lo que los elementos que conforman la envolvente de las viviendas están sometidos a constante estudio, en busca de brindar condiciones de aislamiento térmico con nuevas alternativas para mejorar las condiciones de confort térmico y uso de sistemas urbanos sostenibles.

En Colombia se dictan políticas de normalización y uso eficiente en del agua a través de la ley 373 de 1997, por lo que se implementó en Colombia el proyecto de Ekomuros H<sub>2</sub>O en colegios distritales, como trabajo de conciencia ambiental del cuidado del agua y reciclaje, dándole fin a una parte de la disposición final envases PET (EkoGroup, 2019). De acuerdo a las necesidades de las VIS en cuanto las condiciones de temperatura interna, se tomó como referencia las envolventes con tuberías activas, que contiene tuberías hidráulicas con fluido en reposo o movimiento que captan por conducción la temperatura almacenada en los muros de las edificaciones, reduciendo la transmisión de calor en 2.6 W/m<sup>2</sup> por cada 1°C diferencial de temperatura del material con el fluido al interior de la tubería (Kim, 2017). Así brindado un aporte al sector de las viviendas de interés social cultura en el cuidado del agua, reciclaje y mejoramiento de condiciones al interior de las viviendas.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Para comprobar la efectividad del sistema propuesto se estudió de manera experimental, teniendo como variable independiente principal la implementación del sistema de almacenamiento sobre un muro de mampostería, pero también relacionando con la orientación bioclimática y la sombra generada por una cubierta en voladizo, las variables dependiente como la variación de la temperatura y la humedad al interior de dos los denominados como; modulo experimental, cuenta con un sistema de almacenamiento embebido en una cara de este que se denominó como pared experimental, que se comparó, con un módulo control, pero sin variación en la morfología de los muros de mampostería, materiales o dimensiones.



## 1. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se presentan, primero los elementos que definen los conceptos y necesarios para la clasificación de viviendas en cuanto a Confort térmico, segundo antecedentes que se han presentado a lo largo de la historia en cuanto a el control de temperatura al interior de unidades habitacionales, así como también problemáticas que surgen por los métodos de enfriamiento mecánico que funcionan con energía eléctrica, por último en un estado del arte en cuanto a las tecnologías que se han desarrollado en las envolventes de los complejos habitacionales en busca de la solución y optimización de recursos, para así generar contribución en la disminución de contaminación ambiental y consumo energético.

### 1.1 MARCO TEORICO

En este capítulo se describen los factores que influyeron en la realización de este proyecto, pues es de suma importancia contar con estos conocimientos previos. A continuación, se referencian antecedentes y la normativa empleada en el manejo de las temperaturas en los complejos habitacionales.

En Colombia la norma de confort térmico ISO 7730, NTC 5316 están basadas en ANSI/ASHRAE Standard 55-2010, mediante estándares que permite definir las condiciones de comodidad térmica para un espacio específico y en los ocupantes de este. La aplicación de esta norma debe identificar a los ocupantes, los cuales deben tener una permanencia de más de 15 minutos en el espacio, además que debe considerarse la actividad que estén ejecutando y la vestimenta que estén empleando, en ocasiones no se puede lograr un nivel aceptable de entorno térmico debido a diferencias individuales, incluyendo actividad y/o vestimenta (ASHRAE, 2013).



### 1.1.1 Confort térmico.

El confort térmico se expresa como la satisfacción que llega a experimentar un usuario con el entorno térmico en el que se desenvuelve. Este tiene variaciones por factores psicológicos y fisiológicos de cada persona, se hace difícil satisfacer a todos en un espacio. Las condiciones adecuadas para las comodidades no son las mismas para todos, pero sin embargo se han recopilado medidas de laboratorio y de campo que proporcionan datos estadísticos necesarios para definir estas condiciones, en base a variables como:

1. Tasa metabólica: La tasa de transformación de la energía química en calor y trabajo mecánico por actividades metabólicas de un individuo por unidad de área superficial de la piel.
2. Aislamiento de ropa: La resistencia a la transferencia de calor sensible que provee una vestimenta.
3. Temperatura del aire: Temperatura del aire que rodea el ocupante o temperatura ambiente.
4. Temperatura media radiante: La temperatura de un recinto negro uniforme que intercambia la misma cantidad de calor por radiación con el ocupante que el espacio actual, este valor es obtenido con Termómetro de Globo.
5. Velocidad del aire: Un promedio de la velocidad instantánea del aire en un intervalo de tiempo.
6. Humedad relativa: Es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a determinada temperatura (ASHRAE, 2013).



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



En Colombia el instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, con base en resultados obtenidos de temperaturas y humedad relativa promedio para las tres medidas climatológicas de clima futuro (2011-2040; 2041-2070 y 2071-2100), sobre el territorio colombiano calculo el índice de confort térmico, se ajustó la fórmula de Poder de refrigeración de Leonardo Hill y Morikofer - Davos, se le incluyo el parámetro de humedad y por último se ajustaron a las condiciones de Colombia, por lo que las formulas bases están ajustadas para ser aplicadas en países que presentan todas las estaciones climatológicas (IDEAM, 2010).

Esta metodología de cálculo fue utilizada para el desarrollo de los artículos mencionados a continuación:

Se desarrolló en la Universidad de Santo Tomas por Jeysson Emilio Lima Guaqueta y Pedro Leonardo Ospina Fuente año 2018, titulado “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y VISUALIZACION DE DATOS BASADO EN LA PLATAFORMA DE SISTEMAS EMBEBIDOS RASBERRY PI”, donde se utilizó el Índice de confort para su desarrollo, como objetivo principal tenia, “ Diseñar e implementar un sistema de visualización para el usuario que muestra el confort térmico de un entorno a partir de datos de temperatura y humedad relativa” (Lima, 2018).

Trabajo realizado por Nathaly Martin Díaz en la Universidad Politécnica de Valencia en el año 2016, titulado “ARQUITECTURA TRADICIONAL COLOMBIANA COMO SISTEMA DE APROVECHAMIENTO ENERGETICO”, donde se analizó las características de confortabilidad que brindan las viviendas en Colombia, con los resultados del capítulo 4.1 CONFORT HIGROTERMICO, sobre la base de la formula definida por el IDEAM generando una clasificación de climas en Colombia (Díaz, 2016).



Es válido resaltar que se toma el método de cálculo de Índice de Confort (IDEAM, 2010) ya que no incluye los elementos como **Tasa metabólica, Velocidad del viento, Temperatura media radiante y Aislante de ropa**, elementos que no son considerados para el cálculo de Índice de confort de los módulos, debido a que se busca establecer las variaciones de Temperatura del aire (Temperatura ambiente) y Humedad relativa que causa el sistema de almacenamiento a las condiciones internas de las unidades habitacionales propuestas.

### 1.1.2 Índice de confort.

El índice de confort, este método fue adaptado por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) de acuerdo a la recolección de datos y ajustes de la formula poder de refrigeración de Leonardo Hill y Morikofer - Davos, dando así como resultado la fórmula de Índice de confort térmico para cualquier parte del país dependiendo de la altitud, ya que en Colombia la altitud es un factor de importancia, para esto tenemos como parámetro la humedad relativa del sitio que se está evaluando y el cambio de temperatura que se presenta, los valores de índice de confort son para temperaturas tomadas a la sombra (IDEAM, 2010).

#### Ecuación 1. Índice de confort.

$$Ic = (36.5 - Ts)(0.05 + h/250)$$

*donde:*

*Ic = Indice de Confort.*

*Ts = Temperatura del aire en (°C).*

*H = Humedad relativa (%).*



*Tabla de rangos para indice de confort equivalente a sensacion experimentada por un ocupante.*

0 a 3 Muy caluroso.

3.1 a 5 Caluroso.

5.1 a 7 Cálido.

7.1 a 11 Agradable.

11.1 a 13 Algo frio.

13.1 a 15 Frio.

Más de 15 Muy frio (IDEAM, 2010).

### **1.1.3 Cargas térmicas**

De acuerdo con el departamento de energía de los Estados Unidos, las cargas térmicas son la cantidad de energía que necesita ser añadida o removida de un espacio por los sistemas de ventilación, calefacción, y aire acondicionado para mantener a los ocupantes dentro del rango de confort térmico (IBACOS, Inc., 2011); estas se dividen en dos grupos: Externas, estas son las provenientes de la transferencia de calor entre la envoltura de la edificación y el exterior, debido al sol, viento, lluvia, etc. La envoltura se refiere a todo elemento que separe la parte interna de la edificación con el exterior: muros, ventanas, puertas, cubierta, etc. (IBACOS, Inc., 2011). Y las Internas, que corresponden a las provenientes de todos los elementos que se encuentran dentro de la edificación: personas, maquinaria, iluminación, electrodomésticos, entre otros (López, 2015).

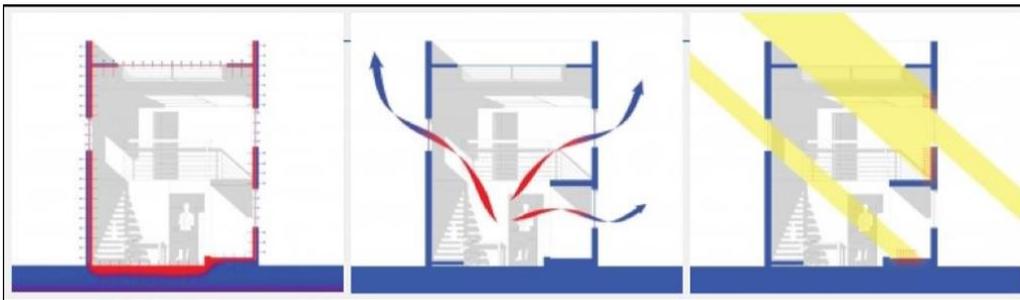


#### 1.1.4 Transferencia de Calor y Propiedades de los Materiales

La transferencia de Calor se refiere al movimiento de energía térmica de un objeto a otro de diferente temperatura, esta se divide en tres fenómenos; la **Conducción** fenómeno que se presenta cuando los elementos de la envolvente de los módulos transmiten su temperatura desde la superficie externa a igualar con la interna, La **Convección** es la variación de temperatura que experimenta el aire al interior de los módulos dado por la transferencia de temperatura de la envolvente por cargas externas y por último la **Radiación**, es la ganancia de energía calorífica mediante calor emitido por el sol a través de radiación ultravioleta. A partir de estas tres formas de transferencia de calor se rige el comportamiento térmico de los objetos (López, 2015).

La **Ilustración 1** representa de forma esquemática el calor por conducción, convección y radiación en una edificación (El contraste entre rojo y azul indica la temperatura, el amarillo representa los rayos de sol), representa como las decisiones de diseño se mitigan o se aseveran de una forma de transferencia y como las aperturas favorecen a la radiación pero disminuyen el flujo de aire por convección.

#### Ilustración 1. Representación esquemática de calor en viviendas.



Fuente: (López, 2015).

#### 1.1.5 Orientación bioclimática

La Arquitectura bioclimática, es la composición de soluciones arquitectónicas que, a partir de un conjunto de técnicas y materiales disponibles en el entorno, se encaminan para lograr un estado de confort conforme a las exigencias del usuario y el clima local (Martínez, 2018).



El Diseño: Este se puede enfocar a su vez en dos planos:

- Primero con relación al uso de materiales constructivos implementados en la fachada y en la estructura, en el estudio de la geometría del volumen y las aberturas de la edificación, esto último se basa en (Sobin, 1980) donde se analizan las salientes en fachada y en la planta arquitectónica para visualizar si estas son apropiadas para encaminar esta planificación acorde a las características del entorno.

-Como segundo enfoque, se tiene en cuenta la implantación del diseño conforme a su entorno y su localización dentro de este, que sirve para observar su comportamiento y disposición en el medio en que se encuentra, para así definir el correcto desempeño en base a orientación de fachadas para recepción solar y captación adecuada de vientos (Martínez, 2018).

#### **1.1.6 Ekomuro H<sub>2</sub>O+.**

Está definido el concepto de Ekomuro H<sub>2</sub>O, como sistema de recolección de aguas lluvia elaborado con botellas PET de 3 litros, 1.5 litros o garrafas de 20 litros de capacidad, que se interconectan con tuberías de PVC formando un depósito vertical, este puede variar en el número de columnas verticales aumentando su capacidad de almacenamiento, cuenta con una canaleta de captación de aguas lluvias para suministros a las columnas que lo conforman, sistema compacto y resistente a las presiones del líquido que ocupa mínimo espacio para satisfacer las necesidades, ubicado en zonas exteriores comúnmente a la vista y en ocasiones recubierto con sistema livianos de láminas de fibrocemento, para este caso en particular el sistema se encuentra embebido en muros de mampostería (Rosas, 2019).



## 1.2 ANTECEDENTES

El concepto de confort térmico es relativamente reciente, pero desde hace miles de años la especie humana ya manejaba un concepto instintivo de lo que era el confort térmico, pues el hombre en busca de resguardarse del frío recurría al fuego, de este modo ya tenía en su concepto que mediante el fuego se podía acondicionar térmicamente para mejorar su condición. En busca de mejorar la calidad se iniciaron entre los años 70 y 60 las primeras edificaciones reguladas con sistemas pasivos de refrigeración y calefacción, se denominaron “arquitectura pasiva” en la cual se aplicaron sistemas naturales basados en la forma y materiales del edificio (Yovane, 2001). Ya que se desarrollaron elementos de funcionamiento mecánico alimentados con energía eléctrica, esta es contribuyente a las emisiones de CO<sub>2</sub> y afectaciones en el cambio climático.

En la evolución de la humanidad se dio la crisis energética que fue a partir de 1973, cuando solo se dependía de los combustibles fósiles y se comprendió que estos son recursos no renovables, la crisis ecológica de los ochenta obligos a la humanidad a tener otras visiones, mediante técnicas de ingeniería en viviendas para el mejoramiento de las condiciones, disminuyendo los consumos de energía para la preservación del medio ambiente, estas técnicas desarrolladas, como se han puesto en marcha soluciones de orientación de fachadas Norte-Sur con ubicaciones de ventanas sobre estas mismas mitigando ingreso de radiación solar por los vanos (Sampedro, 2006).

Se denominó el confort de una vivienda puede variar dependiendo del tipo de muros exteriores y de cubierta que tenga, pues si no son eficientes desde el punto de vista aislante térmico afectan directamente la temperatura interna, generando condiciones de incomodidad para los usuarios, eso se ve reflejado en el sistema de viviendas actual, estos presentan confort térmico deficitario, pues no cumple con las condiciones de confort mínimas en la mayor parte del tiempo. Se obtuvo de acuerdo a un estudio de los materiales empleados, el color, la ventilación de esta y la falta de aislamiento son las principales características que generan el déficit de confort térmico (Umaña, 2012).



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



La carencia de control al sector de la construcción en base a la temperatura en cuanto confort térmico que genera una vivienda a su interior, trajo consigo normativas como lo son la norma ISO 7730 y la norma 55 de ASHRAE como medidas de evaluación. Mediante las investigaciones Costa Rica por Rodrigo J. (2012), El objetivo de la investigación fue comparar el confort de viviendas construidas con cubierta en cerámica y por otro lado las de sistemas constructivos modernos. Los datos se interpretaron según, se consideraron variables como Voto Medio Estimado (PMV), Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) y la sensación térmica del cuerpo para los escenarios como la humedad, temperatura, movimiento del aire, actividad física y abrigo del usuario todos los anteriores definidos por las normativas referenciadas. Como resultado las edificaciones modernas se denominaron mejor que las tradicionales en cuanto al grado de satisfacción de los usuarios.

Otros factores que se han ido evaluando en las construcciones son los muros que componen a estas, como lo es su composición de material y elementos que puedan ayudar a mejorar de temperatura. La utilización de fachadas ventiladas también fue una de esas ideas válidas para mejorar las condiciones internas de las edificaciones, que viene desde el siglo XIX conocido por su objetivo original como barrera de humedad para proteger el ambiente interior, se le suma que funciona como barrera para evitar radiaciones solares, lo que trae como resultado disminución de demandas de refrigeración (Claudio Vasquez, 2013).

Debido a la problemática de uso intensivo de energía y altos costos en varios países europeos se debate si es recomendable el aire acondicionado en edificios, pues este método de enfriamiento debido a las condensadoras genera ruido, y síndrome del edificio enfermo por las vibraciones. De manera alterna se tiene un sistema donde la tubería está integrada a muros de mampostería y adicionalmente se combina con sistema de ventilación. Como beneficio se obtiene la reducción de altas temperaturas internas brindando una zona más agradable, donde se observó una disminución de 5.0°C con respecto a la temperatura externa (Olesen, 2015).



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Al pasar el tiempo se han ido desarrollando un sin fin de estudios que ayuden a mejorar y a conocer más a fondo cuales son los factores de mayor relevancia en cuanto a la composición de las viviendas, por lo tanto, en busca de mejorar las condiciones internas se han referenciando otros sistemas pasivos que relacionan el objetivo de mejorar el confort térmico al interior de unidades habitacionales, se encontraron las siguientes alternativas que se han utilizados como:

- En el análisis de comportamiento de los materiales en Brasil Camila Gregorio Atem (2012) evaluó la influencia de distintos tipos de cerramiento vertical en el confort. Se modelaron el software Design Builder comparando con niveles de confort y de requerimientos de la normativa brasileña. Los resultados del estudio señalan que el mejor muro es el de ladrillo hueco con aislamiento exterior de 5cm, que tiene el mejor comportamiento, con una diferencia de temperatura interna a la externa de 3. 7°C.

- En la evaluación de tipos de vegetación en cubiertas como instrumento de climatización para climas cálidos-subhúmedos. La investigación está basada en los beneficios que naturalmente la vegetación ofrece para climatizar, un experimento se llevó a cabo en módulos de la facultad de arquitectura y diseño de la Universidad de Colima. Los datos se analizaron por diez meses durante de la temporada calurosa húmeda, calurosa moderada cálida seca, se obtuvo una disminución de la temperatura en el mes de marzo con la cubierta Gaudenia de 12 grados centígrados, con la cubierta de suculenta la disminución de 5 grados centígrados (Carbajal, 2009).



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



- Ahora bien, los usos de otro tipo de alternativas para mejorar condiciones de temperatura en viviendas se han utilizado, dando como beneficio el uso de sistemas de vegetación sobre fachadas y cubiertas, comparados con un prototipo llamado Control (convencional) para comprobar la efectividad en fachadas y cubierta, dando así resultado de reducción de temperatura de 2.2°C en el caso más crítico (Pérez Gallardo, 2017). En Cartagena como contribución al ahorro en el consumo de energía por el uso de equipos refrigerantes y la mejora del confort térmico respecto a un techo convencional y de manera complementaria, su contribución a la disminución de CO<sub>2</sub> por reducción de consumo energético, esto se ve reflejado en la mejoría del confort térmico para los usuarios (Bettín, 2017). Se mantiene una relación con este proyecto, principalmente por la utilización de un grupo de emparejamiento con módulos representativos a viviendas, además buscar la disminución de temperatura al interior con variaciones en su envolvente.

**Ilustración 2. Plantas piloto de viviendas con cubiertas verdes en Universidad de Cartagena (Bettín, 2017).**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



- En Colombia un estudio realizado por Manuel Andrés Rubiano en 2015 sobre el uso las fachadas ventiladas, El uso de esta sobre todo en viviendas de clima cálido presenta una excelente posibilidad de mejorar el confort climático en viviendas residenciales de una manera eco sostenible, con mejoras de bajo costo. La fachada ventilada evitó la radiación solar sobre los muros exteriores y se obtuvo una disminución de 3.12 °C en comparación a las viviendas que no usan este sistema (Rubiano, 2015).

- En el estudio realizado por Luis Carlos Herrera (2014) que compara las variaciones de la temperatura operativa de una vivienda teniendo en cuenta la norma ASHRAE 55-2010 para edificios libremente ventilados, se aplicaron cinco técnicas de enfriamiento pasivo que fueron: aislamiento térmico, cámara de aire, protección solar, masa térmica y enfriamiento evaporativo indirecto. Los resultados indicaron que el techo estanque es una buena alternativa para aumentar el porcentaje de horas de confort que se puede tener en una vivienda, se alcanza un promedio de 30% respecto a un módulo de control sin techo estanque (Luis Carlos Herrera, 2014).

- En busca de conocer las condiciones dadas en Ecuador acerca de cuál es el estado actual en viviendas de interés social, para la implementación de técnicas pasivas como la ventilación natural y se encontró que, en la configuración original típica, las VIS son completamente inhabitables durante la mayor parte del día. En particular las chimeneas solares resultaron muy efectivas por la inducción de corriente de aire durante el periodo de viento en calma. En el módulo testigo, la mitad de los ocupantes se sintieron insatisfecho el 70% del tiempo que estuvieron al interior de este, pero el módulo uno y dos con menos del 20 % y 30 % del tiempo respectivamente (Herrera, 2017).



### 1.3 ESTADO DEL ARTE

En busca de conocer las condiciones internas en una vivienda y como mejorar de manera eficiente estas, se obtiene como resultado la disminución en el uso de aparatos electrónicos de refrigeración. Las viviendas se analizan mediante parámetros como: humedad relativa, temperatura ambiente, temperatura radiante de los materiales que la componen. Las variables anteriormente mencionadas definen el índice de confort de la vivienda, por lo tanto, se referencian a continuación estudios donde se busca mejorar condiciones internas de vivienda y la metodología utilizada.

En relación a los componentes de viviendas de interés social se han revisado de acuerdo a su comportamiento, mediante monitoreo con sensores digitales dando así un valor real de las condiciones internas, estos comportamientos se han procesado y modelado en softwares como lo es EnnergyPlus, el cual permite generar un análisis de sensibilidad de los componentes a la envolvente de la vivienda. Así surgieron lineamientos para mejorar condiciones internas generando cambios en los materiales, como enlucido en yeso, recubrimiento con pañete, bloques macizos, cielo raso en icopor, dando como resultado una reducción de temperatura hasta de 1,5 °C, ya que las temperaturas de monitoreo interno llegaron a 38°C superando la temperatura interna corporal, superando los límites de confort térmico denominado no agradable estas condiciones (López, 2015).



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Otro tipo de alternativa que se ha analizado al ser aplicada a las envolventes bajo el mismo concepto de disminución de consumo energético son las tecnologías de tuberías dentro de losas de concreto y muros. Estos sistemas estructuras se denominan “envolvente de edificio con tubería activa” debido al tratamiento activo de la energía térmica por conducción dentro de la masa de la estructura mediante la circulación del agua. Este estudio realizado en China referencia como se redujo el uso de electricidad durante el periodo nocturno gracias al sistema de envolvente activo, a razón el calor almacenado por la estructura es reducido por la tubería con fluido en reposo o movimiento. Estos sistemas tienen un funcionamiento (Activo-Pasivo) 24 horas que a diferencia de un sistema de aire mecánico que normalmente dura de 8- 10 horas generando consumo energético (Kim, 2017). Bajo la misma metodología pero en muros de ladrillo se notó que reduce significativamente la transferencia de calor externa y disminuye la superficie de la pared interna, se puede reducir en aproximadamente 2.6 W/m<sup>2</sup> cuando la temperatura del agua se reduce cada 1°C en lo que respecta a una pared de ladrillos con tubería incrustada en el interior (XIE Jun-long, 2012).

Se han analizado más a fondo diferentes variables sobre la acción de sistemas de tuberías semi-activos edificaciones. En las regiones de Asia central se utilizan envolventes de tubería empotrada, el estudio de rendimiento sobre el empotrado de tubería en Urumqi, de lo cual se dedujo que las tuberías integradas pueden reducir el 80% de la ganancia de calor solar que se genera a través de las ventanas, con una efectividad de alrededor del 60%, ya que las paredes se convierten en un panel de refrigeración radiante que absorbe el calor de la habitación, con una efectividad de alrededor de 83%, como beneficio genera un disminución de energía en el uso equipos estacionales entre 25 % y 50 % en una oficina típica con un empotrado en tubería (Li, 2017).



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Como alternativa de disminución de temperatura con variaciones de la temperatura han sido efectivos los sistemas de tuberías embebidos en muros y las adiciones de cubiertas y fachadas vegetales, así mismo como mejoramiento de condiciones la escases de agua dulce es una problemática que afecta a una gran parte de la población mundial, no se ha tomado conciencia en cuanto a la implementación obligatoria de sistemas de reelección de aguas lluvias, ya que es este es un recurso hídrico disponible y de fácil acceso, por lo tanto se han implementado metodologías de captación mediante elementos reciclables, dando como resultado lo “Ekomuro H2O+”, este sistema consta de botellas PET de 3 , 1,5 o garrafas de 20 litros, que se interconectan con un tubo de PVC y forman un deposito vertical, compacto y resistente a las presiones del líquido. Dándole así uso para vertimientos de sanitarios, riego de plantas y aseos del hogar (Rosas, 2019).

Los Ekomuros H2O son un sistema implementado con la visión de general una educación ambiental, dado que en primer lugar el artículo 5to de la ley 115 de 1994 en pro de la educación, conciencia, protección y mejoramiento del ambiente, para una calidad de vida y uso racional de los recursos naturales. Se dictan políticas con respecto a la normalización y del uso eficiente y ahorro de agua a través de la ley 373 de 1997. Con base a las normativas en Colombia el proyecto de Ekomuros H2O se ha implementado en colegios distritales, como complementos ejecución de trabajos ambientales escolares y se ha considera como aporte a la formación de los estudiantes en el tema de cultura del cuidado del agua y el reciclaje, esto con el fin de abordar la problemática ambiental acerca las disposición final de los envases PET, los cuales suman a la contaminación de recursos hídricos y repercusiones en el cambio climático (EkoGroup, 2019).



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



También se han realizado investigaciones sobre el rendimiento térmico de esta estructura en días de verano en tres ciudades típicas de china, es decir, Beijing, Shanghái y Guangzhou, para conocer medidas en diferentes orientaciones y como esto influye en la temperatura en las diferentes superficies y se tomaron hora por hora, los resultados revelan el proceso de transferencia de calor transitorio de esta estructura e indica que este sistema es adecuado para ser aplicado en la zona donde se recibe la mayor radiación, este sistema es eficaz en la mayoría de las regiones de china y reduce más la carga de refrigeración en las regiones cálidas, se recomienda que estos sistema se utilicen en regiones cálidas (Chong Shen, 2015).

Cada uno de los elementos anteriormente mencionados son bases para el desarrollo de este proyecto, donde se busca la combinación de las modificaciones en los elementos que componen la envolvente de la vivienda, utilizando sistemas de recolección de aguas lluvias como lo es el Ekomuro H<sub>2</sub>O, así combinándolo finalmente con las tuberías embebidas en los muros de la envolvente, generando una captación de la energía térmica que reciben los muros y buscar que sean absorbidos por el agua depositada en el Ekomuro H<sub>2</sub>O.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los cambios de temperatura y humedad al interior de una unidad habitacional construida a escala de laboratorio, con un sistema de almacenamiento de agua lluvia constituidos por canaletas superiores, tuberías inferiores de recolección y botellas recicladas embebidas en sus muros (Ekomuro), con el fin de evaluar su implementación en VIS.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Hacer comparativo de variación de temperatura y humedad al interior de una unidad habitacional típica de la región caribe con modulo experimental y control basado en información secundaria.
- Adelantar un monitoreo continuo de la temperatura y humedad a una unidad habitacional construida con Ekomuro a escala de laboratorio y un sistema de muros convencionales en el sector de María auxiliadora en Cartagena de Indias.
- Formular lineamientos para implementación del sistema de almacenamiento en VIS.



### 3. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto se realizó en la ciudad de Cartagena con dos unidades habitacionales a escala de laboratorio, las cuales representan de la envolvente de una VIS, su fase de construcción y estudio fue en la zona sur oriental de la ciudad en el barrio El Prado, Conjunto Residencial Los Tamarindos, en dos estructuras de un metro cuadrado una con el sistema de almacenamiento y otra sin el sistema. El monitoreo se llevó a cabo en el mes de abril de 2019, se utilizaron cuatro sensores de temperatura y de humedad.

#### **Ilustración 3. Ubicación de desarrollo del proyecto.**



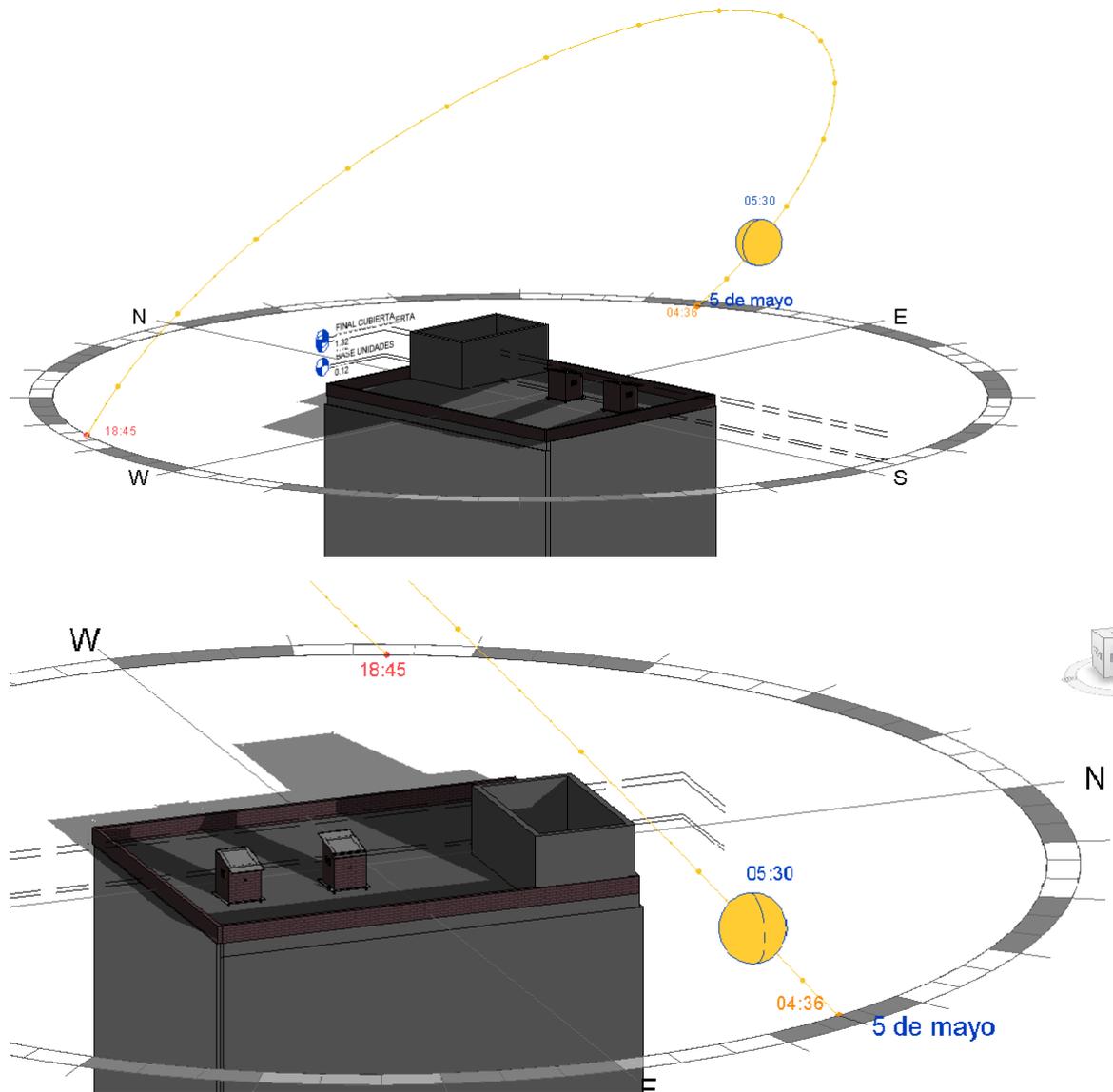
Fuente: (Google maps).



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Ilustración 4. Modelado en Revit 2019 de módulos sobre cubierta de Conjunto Residencial Los Tamarindos y recorrido solar del día 5 de mayo de 2019 5:30 p.m.**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Este proyecto es considerado un diseño experimental correlacional, se analizó una unidad habitacional a la escala de laboratorio que representa la envolvente de una VIS, con el sistema de almacenamiento Ekomuro H<sub>2</sub>O, en el desarrollo, se realizaron mediciones de temperatura ambiente con termómetros de bulbo seco, humedad relativa, temperatura del material pistola laser (ladrillo y cubierta) y como afecta la recepción de la luz solar en diferentes direcciones respecto al muro con el tanque de almacenamiento al estar orientado hacia el “Oeste” o “Este”. Por cierto, en esta investigación, no se tienen en cuenta todas las variables que definen el confort térmico como la sensación térmica definida por ocupantes, movimiento de aire, actividad física y abrigo del usuario, a razón de ser un modelo a escala y no permite evaluar condiciones de personas al interior de los módulos, por lo cual la se busca el índice de confort definido por Ecuación 1, la cual está definida por la altura sobre nivel del mar donde se evalúa, temperatura ambiente interior y humedad relativa.

Se espera que el sistema propuesto mejore las condiciones de temperatura al interior, con variaciones de orientación de los módulos y que sean favorables en ambos casos para el sistema propuesto. La unidad debe presentar mejores condiciones cuando está orientado el muro con el sistema propuesto hacia el “Oeste” (Recepción solar en horas de la tarde), para evitar las altas temperaturas en horas nocturnas, que se generan por la descarga de energía calorífica de la envolvente recibida a lo largo del día.

Se buscó un sistema de almacenamiento para captación de aguas lluvias, las cuales pueden ser almacenadas para el uso común en labores varias de limpieza o aseo en la casa, ya que no se considera un tanque de agua potable. Esta propuesta puede ser evaluado en cuanto a purificación del agua en el sistema de almacenamiento propuesto, Esto se puede considerar como una base para investigaciones de calidad de agua almacenamiento.



#### 4. METODOLOGIA

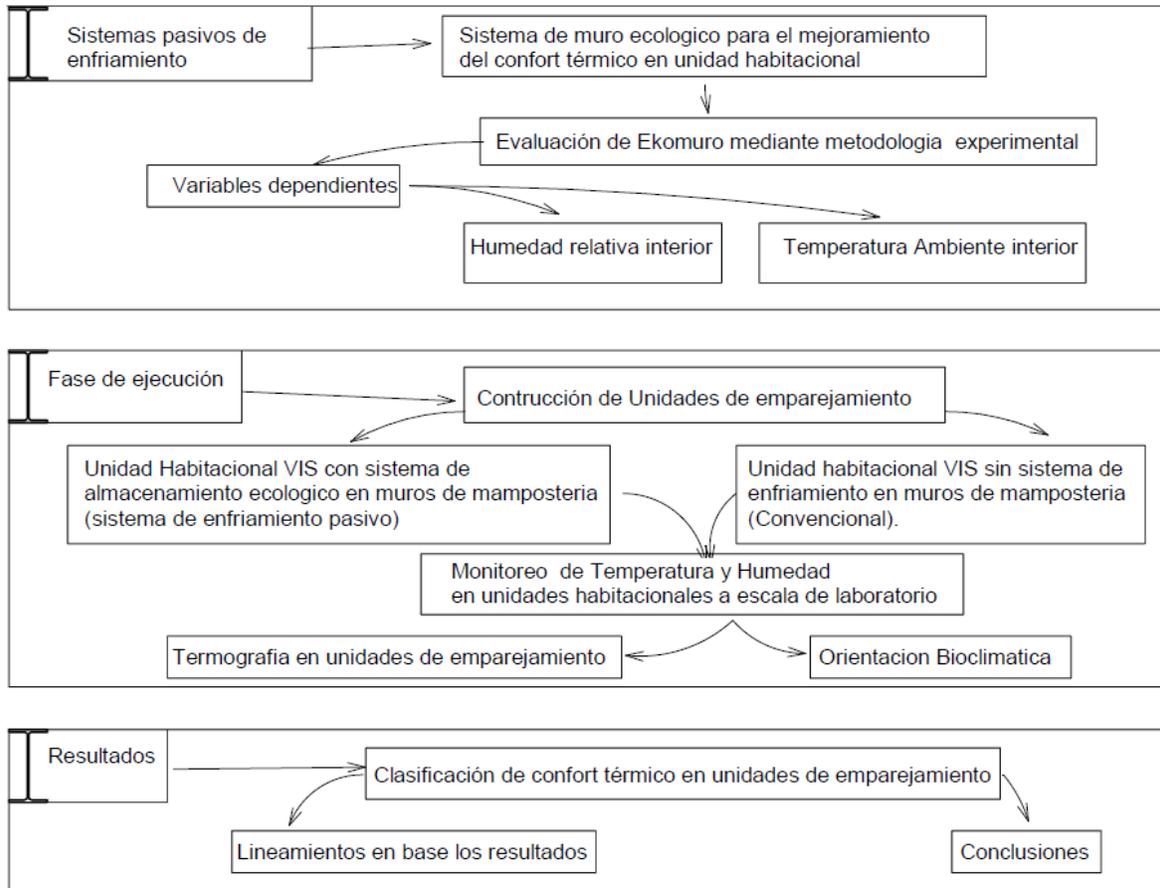
Para el desarrollo del proyecto se analizaron los módulos bajo una metodología experimental, ya que se buscó encontrar que variación genera un Ekomuro embebido en la envolvente, para así definir qué efecto genera en el confort térmico. Esta evaluación se hizo posible mediante un monitoreo de una unidad experimental, que contiene embebido el sistema de almacenamiento “Ekomuro”, este fue comparado con un módulo control, que está fabricado con su envolvente sin ninguna variación se puede llamar convencional, para esta metodología de diseño lo más importante fueron las mediciones de temperatura y humedad, porque estas variables dependientes mostraron el comportamiento de los módulos y se pudo definir un que variación se genera en cuanto a el confort térmico.

Los módulos se encuentran ubicados sobre la cubierta de Torre 1 Conjunto Residencial Los Tamarindos, a una altura de 13 metros sin construcciones aledañas que superen la altura del edificio donde están los módulos, en Ilustración 4 se presenta el altillo de acceso a la cubierta el cual no interfiere el recorrido solar, por lo que no genera sombra sobre las unidades, la cubierta cuenta con un antepecho perimetral de altura 0.50 m , se podría decir que al ser un modelo a escala estos elementos cercanos podrían interpretarse como viviendas aledañas o algún edificio por el caso del altillo al presentar una altura de 2 metros, pero se encuentra a una distancia de aproximadamente 3 metros, cabe resaltar ningún elemento genera sombra a los módulos en todo el día.

A continuación la **Ilustración 5** define mediante un esquema cada capítulo desarrollado referente a las fases del proyecto, primero estudio preliminar de las variables dependientes ;definir la utilidad del sistema, segundo ejecución de sistema de emparejamiento a analizar; construcción de sistema, por ultimo clasificación de confort térmico en base a los resultados obtenidos.



**Ilustración 5. Esquema de metodología para la ejecución del proyecto sistema de almacenamiento en muros de mampostería.**



La primera fase del proyecto fue el estudio de los sistemas de enfriamiento pasivos y activos, ya que este proyecto se basa en el enfoque y metodología de envolventes activos en edificaciones y viviendas.

El monitoreo los sistemas de tuberías embebidos en la envolvente, permiten tener un control de la temperatura mediante elementos hidráulicos embebidos en los muros que conforman la envolvente, denominándolo en un sistema de enfriamiento pasivo, a razón que todo el calor recibido por radiación solar en la envolvente y transmitido por conducción hacia el interior, es absorbido por los elementos empotrados en los muros mejorando condiciones internas, ya que se controla la temperatura ambiente interior con el volumen de agua que se encuentra en a una temperatura más baja.



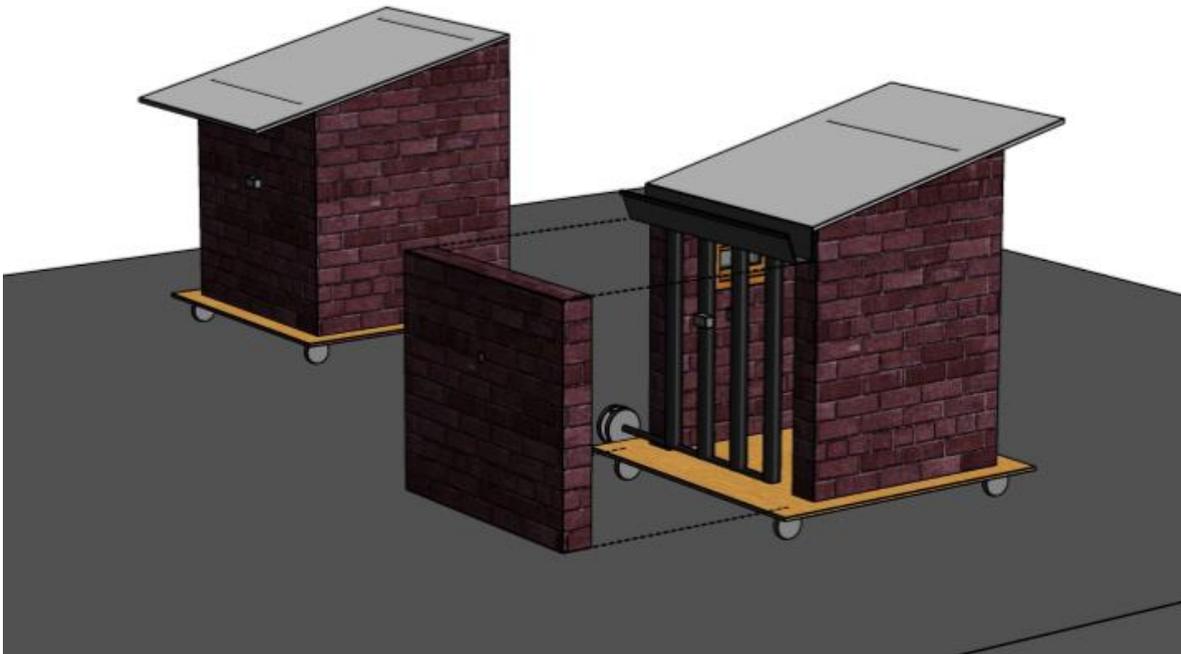
## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Se estudiaron metodologías en Colombia de acuerdo a información secundaria, como se desarrollaron las mediciones de temperatura, húmedas y temperatura superficial de materiales. Los estudios realizados en la ciudad de Barranquilla, por María Serje Martínez en 2018 a unas unidades habitacionales en la zona suroccidente, proyecto en la ciudad de Cartagena en 2015 por Javier López Grau y Fabian Sarmiento Oliveros, donde se pudo conocer cómo se desempeñan los elementos de una VIS de la región caribe en cuanto sus materiales, orientaciones bioclimáticas y ocupación.

Previo a la fase de construcción, los módulos fueron modelados en Revit 2019 programa el cual permitió extraer planos de planta, cortes, detalles de puntos de medición, tipos de materiales, dimensiones, etc. la **Ilustración 6** presenta como fueron visualizados mediante un esquema en tres dimensiones los módulos antes de iniciar la fase de construcción.

### **Ilustración 6. Modelo en Revit 2019 - 3D de unidades habitacionales a escala de laboratorio**





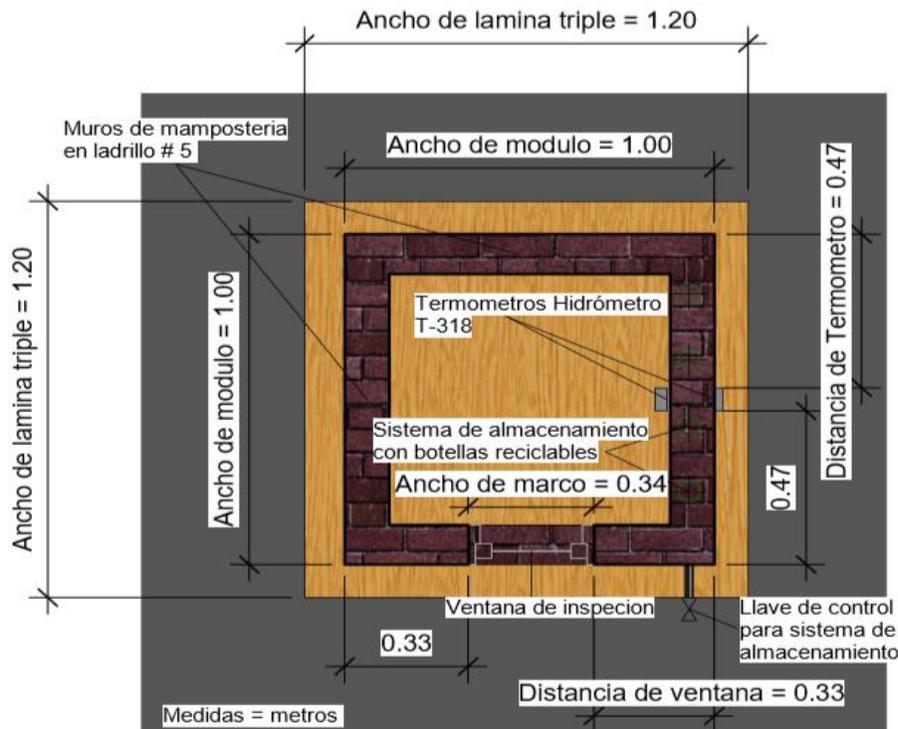
# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



La fabricación de las unidades habitacionales a escala de laboratorio se realizaron con los materiales: muros en ladrillo # 5 de arcilla cocida; muros de envolvente de los módulos, cubierta en PVC, tuberías de agua potable; conexión depósitos y distribución, etc. cada uno de los elementos y procesos se presentan de manera detallada en ANEXO 1. Las variables sobre las unidades analizadas fueron: la dirección del voladizo de la cubierta y el sistema de almacenamiento ecológico, se nombró el módulo con el sistema de enfriamiento pasivo y sin voladizo de cubierta experimental y para el caso del módulo con sistema convencional se llamó control.

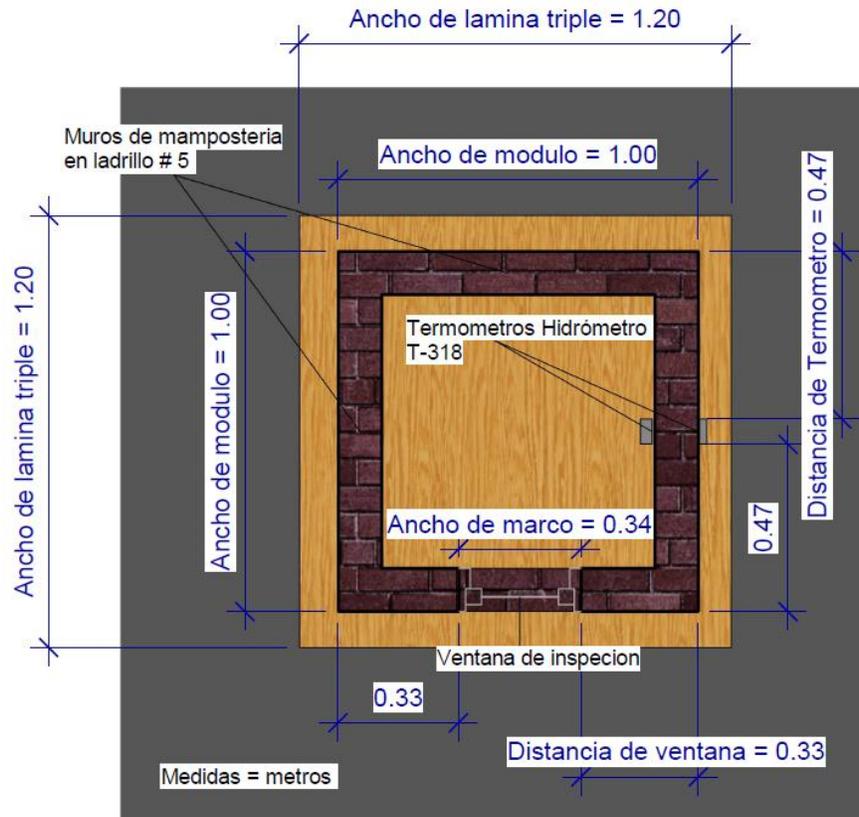
Las condiciones en cada módulo son consideradas una representación una VIS a escala, cada uno tiene un área de un metro cuadrado y una altura promedio de 1.10 metros, la fabricación de estos se realizó bajo los procesos definidos por la NSR-10 para elementos no estructurales (muros), para el caso aislado del módulo experimental se instaló el tanque de almacenamiento bajo el procedimiento de instalaciones hidráulicas embebidas en muros, con regatas y fijación de los elementos. El plano de planta para la ejecución del grupo de emparejamiento en Ilustración 7 para módulo experimental e Ilustración 8 el modulo control.

**Ilustración 7. Plano de planta unidad habitacional control.**





**Ilustración 8. Plano de planta unidad habitacional experimental.**



Sobre los módulos se realizó un monitoreo de temperatura y humedad bajo las mismas condiciones exteriores, se hizo a lo largo de 26 días con medidas desde las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. (horas de radiación solar) con intervalos de 30 minutos, se iniciaron el día 27 de abril de 2019 tomando 22 medidas por punto de medición, hasta cumplir 13 días de medición hasta 9 de mayo de 2019, esto dio como resultado 286 mediciones por cada módulos en los puntos medición referenciado en Ilustración 9 e Ilustración 10. El primer periodo se analizó cuando el Ekomuro H2O estaba en dirección Oeste, después el día 15 de mayo de 2019 se giraron lo módulos con el muro propuesto orientado hacia el Este, para así completar los 26 días del monitoreo el día 27 de mayo de 2019, dando como resultado final 1.144 medidas en todo el lapso de evaluación de los módulos para cada punto de medición, con estos valores se obtuvo el comportamiento de cada módulo acuerdo a la orientación bioclimática del muro.



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Las condiciones de medición y variables en cada uno de los escenarios se presentan por día y orientación en Tabla 1.

**Tabla 1. Descripción de monitoreo y condiciones de cada caso para módulos.**

Orientación de Muro con Termómetros	Modulo	Duración de Monitoreo	Variación sobre Muro con Termómetros	Variables
Este	"Experimental" -Ekomuro	13 días (27/04/2019 - 09/05/2019)	Muro sin voladizo de cubierta	Temperatura Ambiente - Superficial de materiales - Humedad relativa %
	"Control" - Convencional		Muro con voladizo de cubierta	
Oeste	"Experimental" -Ekomuro	13 días (15/05/2019 - 27/05/2019)	Muro sin voladizo de cubierta	Temperatura Ambiente - Superficial de materiales - Humedad relativa %
	"Control" - Convencional		Muro con voladizo de cubierta	
Este	"Experimental" -Ekomuro	1 día (4/07/2019)	Muro sin voladizo de cubierta	Temperatura Ambiente - Superficial de materiales - Humedad relativa % - Radiación Termica
	"Control" - Convencional		Muro con voladizo de cubierta	
Este	"Experimental" -Ekomuro	1 día (10/07/2019)	Muro con voladizo de cubierta en ambos modulos	Temperatura Ambiente - Superficial de materiales - Humedad relativa % - Radiación Termica
	"Control" - Convencional			

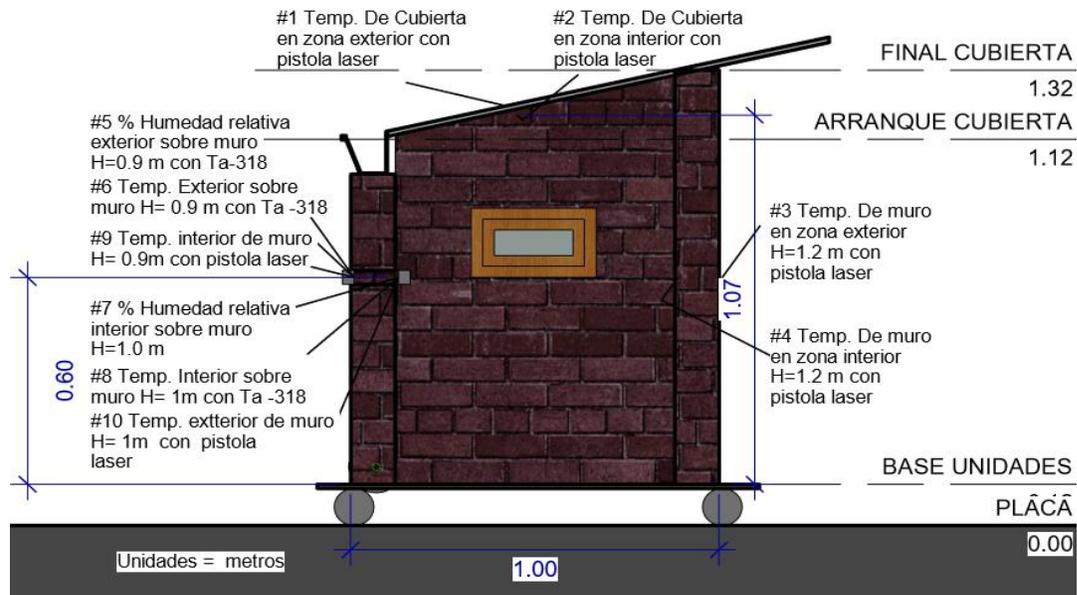
Este monitoreo fue posible ya que cada uno de los módulos cuenta con: dos Termómetro higrómetro digital de temperatura y humedad – T318; Medida de temperatura ambiente interior, exterior y humedades. En el proyecto fueron definidos los parámetros de medición y están especificados detalladamente en el **ANEXO 2**, así mismo los puntos de mediciones con los que se tabularon los datos se encuentran en la Ilustración 9 e Ilustración 10, también podemos ver ubicación de los equipos y dimensiones de los módulos definiendo alturas para ubicación espacial.



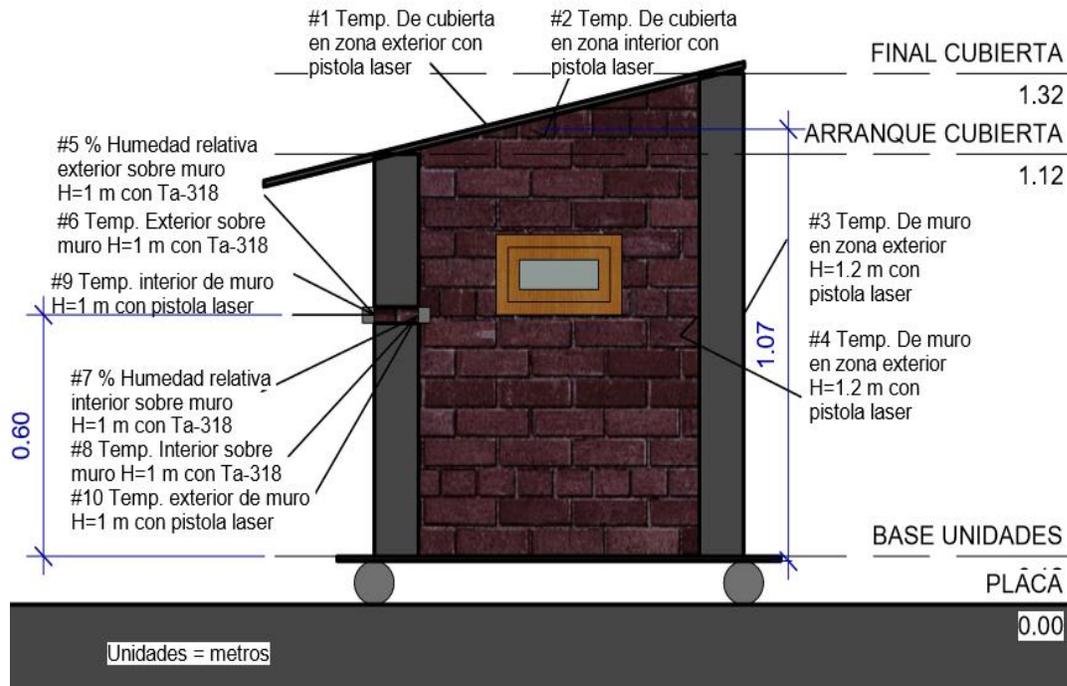
# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Ilustración 9. Detalle en corte de puntos de medición en unidad control.**



**Ilustración 10. Detalle en corte de puntos de medición en unidad habitacional experimental.**





De acuerdo a los valores obtenidos del monitoreo se presenta la metodología de análisis del capítulo de resultados a continuación:

**Análisis comparativo de resultados de mediciones de temperatura de VIS Cartagena y Barranquilla con modulo experimental y control basado en información secundaria.**

Para establecer un análisis de temperaturas de unidades habitacionales, se da mediante termómetros de temperatura y humedad relativa a lo largo del día, de acuerdo a estos valores se puede determinar cuál es el horario crítico dentro de las VIS y se evaluó cuáles son los posibles factores de acuerdo a su distribución espacial y elementos que la conforman (materiales). Se analizaron los periodos de toma de muestra para las viviendas de la ciudad de Cartagena y Barranquilla, para así definir el parámetro de comparación con las unidades habitacionales de este proyecto para cada caso.

La VIS Cartagena ubicada en San José de los Campanos Urbanización Horizontes Etapa 5 se realizó un monitoreo desde el 18 de diciembre de 2015 hasta el 25 de enero de 2016, con 5 sensores de temperatura de referencia BMP180 Bosh, ubicados en las 2 habitaciones y sala para temperaturas internas, para exteriores uno en la fachada frontal (terraza) y otro en la posterior (patio), se obtuvo una frecuencia de toma de datos de 1 segundo, generando al final del monitoreo alrededor de treinta millones de datos (López, 2015).

De acuerdo a la representación de datos numérico mediante graficas permitió verificar las diferencias sobre las mismas variables temperatura y tiempo, los valores se tabularon y se presentaron de manera detallada ANEXO 3. DATOS DE MONITOREOS Y CALCULO DE RESULTADOS. Para establecer el parámetro comparativo, se tuvo en cuenta el posicionamiento de los sensores de la VIS Cartagena de acuerdo a sus fachadas y orientaciones, lo anterior permitió relacionar los sensores del estudio con los puntos de medición de las unidades de emparejamiento:

- S1 terraza con recepción directa sobre muro en horas de la tarde = punto de medición #6 orientación bioclimática Oeste.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



- S2 cuarto secundario con recepción directa sobre muro en horas de la tarde = punto de medición #8 orientación bioclimática Oeste.
- S3 cuarto patio con recepción directa sobre muro en horas de la mañana = punto de medición #6 orientación bioclimática Este.
- S4 cuarto principal con recepción directa sobre muro en horas de la mañana = punto de medición #8 orientación bioclimática Este.

El comparativo de las VIS Barranquilla Urbanización Villas de San Pablo, se tenía un monitoreo temperatura de bulbo seco con HOBO®; temperatura ambiente y humedad relativa, iniciando el 3 de octubre de 2015 y finalizando el 5 de octubre, en este proyecto se tomaron aproximadamente 100 medidas correspondientes a los tres días de medición al tener como intervalo de medición una hora (Martínez, 2018).

Para el caso de VIS Barraquilla se tomó una vivienda por orientación, para realizar graficas de comparación de comportamiento de humedades obtenidas y temperaturas de ambiente interior, se tenía diferencia en material de cubierta y de los muros, las relaciones de orientación se encontraron definidas por los sensores ubicados cerca su fachada principal.

La comparación de datos obtenidos en la cubierta de VIS Barranquilla con los módulos experimental y control, se relacionó la temperatura obtenida en la cubierta de cada una de las zonas de la casa, dados los valores por zona se promediaron 3 medidas de la vivienda para definir un solo valor de temperatura de cubierta, porque para el caso de los módulos se tomaron en la zona central de la cubierta al ser una unida a escala.



### 5.2.1 Clasificación por índice de confort para cada orientación de las unidades a escala de laboratorio de promedio.

Para el análisis de promedios de temperatura se seleccionaron para cada condición de orientación los días representativos, se denominó representativo el día que se mantuvo soleado, a razón que los días nublados presentaban oscilaciones en las medidas, debido a recibir radiaciones solares por intervalos de tiempo, además estas medidas de días nublados aumentarían la desviación estándar al tener valores muy por debajo de las que presenta un día soleado, por lo tanto se descartaron para así presentar un comportamiento promedio de los módulos bajo condiciones solares continuas.

De acuerdo a la condición de tiempo atmosférico presentada, se analizó para la condición Oeste un tamaño de muestra N= 13 días, para la condición Este un tamaño de muestra N= 10 días, debido a que las fechas de 30 de abril de 2019, 7 de mayo de 2019 y 8 de mayo de 2019, fueron días nublados.

El análisis de desviación estándar se realizó con la herramienta Excel, en la hoja de cálculo esta fórmula está definida “DESVESTA” contiene la siguiente operación matemática:

#### **Ecuación 2. Desviación estándar definida en hoja de cálculo Excel.**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Donde:

$\sigma$  = *desviacion estandar*

$x$  = *Medida de temperatura diaria.*

$\bar{x}$  = *Promedio de temperatura*

$n$  = *Numero de medidas analizadas*

Fuente = Excel.



De acuerdo a el valor obtenido por la desviación estándar, se define cuáles son los valores máximos y mínimos de las medidas analizadas por orientación, con lo que se generan graficas de promedios de temperatura y humedad con sus rangos máximo y mínimos para cada hora de medición.

Ahora bien se realizó el cálculo del índice de confort para cada una de las medidas obtenidas de promedio, con sus valores máximos y mínimos, de acuerdo a la **Ecuación 1**. Índice de confort. La cual depende de temperatura ambiente al interior del módulo y su humedad relativa.

$$Ic = (36.5 - Ts)(0.05 + h/250)$$

*donde:*

*Ic = Índice de Confort.*

*Ts = Temperatura del aire en (°C).*

*H = Humedad relativa (%).*

### **5.2.2 Selección de los 2 días más críticos para orientación (Este/Oeste).**

Para la selección, cabe resaltar que se definió como parámetro el punto #8 medición para conocer el día más desfavorable; al ser la variable más representativa al momento de calcular el índice de confort (Temperatura ambiente interior).

Primero, se realizó la tabulación por orientación bioclimática y modulo, estos valores se presentan tabulados en ANEXO 3 y de los cuales se generó una gráfica de temperatura interna de cada módulo, se seleccionó por prioridad a los 2 días con mayores valores obtenidos para ambos módulos.



**5.2.3 Clasificación y análisis por índice de confort de módulos para los días críticos.**

Los resultados obtenidos en días críticos, promedios con sus máximos y mínimos para cada orientación en los modulo control y experimental. El índice de confort definido por las variables temperatura ambiente interior y humedad relativa definida por punto de medición #8.

Para establecer el comparativo de los módulos realizaron graficas de índice de confort, el eje horizontal definido por el intervalo de las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m., para el eje vertical rango de valores índice de confort.

**5.2.4 Análisis de comportamiento de temperatura y radiación en muros de los módulos.**

Se analizó como varia el comportamiento de los módulos por el uso del Ekomuro, con incidencia directa del sol por no tener voladizo y con control solar por un voladizo sobre el muro analizado. Se realizó el monitoreo con imágenes de radiación calorífica y temperatura ambiente interior, fueron tomadas las medidas con: Termómetro Digital Infrarrojo-Pistola Laser Gm320 (temperatura ambiente) y Cámara infrarroja Flir-tg165(temperatura radiante). Así se concluyó como el sistema vario las condiciones comparativas y registro termografico, dando como resultado reducción de temperatura radiante por acción de voladizo 8.9. °C

Las mediciones realizadas sobre los módulos y el tipo de variación con la que cuentan se referencia a continuación:

**Tabla 2. Sistema de medición de materiales (1 – 12) – Variaciones en componentes en módulos – Variables analizadas.**

Descripción de medida	Variación sobre Muro analizado	Variables
1.Termografías de módulo experimental y control en punto # 9 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:06 a.m.	Experimental sin voladizo de cubierta - Modulo control con voladizo de cubierta	Temperatura de radiación °C - Temperatura ambiente interior °C (Punto #8) - Humedad relativa interior % (Punto #7) - Temperatura de material exterior °C (Punto #9)



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Descripción de medida	Variación sobre Muro analizado	Variables
2.Termografías de ladrillo temperatura mínima en módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.	Experimental sin voladizo de cubierta - Modulo control con voladizo de cubierta	Temperatura de radiación °C (Flir-tg165) - Mínima
3.Termografía de máximo y mínimo muro control tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.	Control con voladizo de cubierta	Temperatura de radiación (Flir-tg165) - Mínima y máxima
4.Termografía de muro experimental en punto # 10 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.	Experimental sin voladizo de cubierta	Temperatura de radiación °C (Flir-tg165) - Temperatura mínima °C - Temperatura material interior °C (Punto #10)
5.Termografía de muro control en punto #10 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:23 a.m.	Control con voladizo de cubierta	Temperatura de radiación °C (Flir-tg165) - Temperatura de tabique de ladrillo °C - Temperatura material interior (Punto #10) - Temperatura ambiente interior °C (Punto #8)
6.Temperatura del material para los dos días más críticos sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medicion#10 y # 9 respectivamente en orientación “Este”.	Experimental sin voladizo de cubierta - Modulo control con voladizo de cubierta	Temperatura de material exterior °C (Punto #9) - Temperatura de material interior °C (Punto #10)
7.Temperatura del material para los dos días más críticos sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medicion#10 y # 9 en orientación “Este” y “Oeste”.	Experimental sin voladizo de cubierta - Modulo control con voladizo de cubierta	Temperatura de material exterior °C (Punto #9) - Temperatura de material interior °C (Punto #10)



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Descripción de medida	Variación sobre Muro analizado	Variables
8.Temperatura promedio del material para orientación “Este” sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medición #3 y #4.	Experimental con voladizo de cubierta - Modulo control sin voladizo de cubierta	Temperatura de material exterior °C (Punto #3) - Temperatura de material interior °C (Punto #4)
9.Temperatura promedio del material para orientación “Oeste” sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medición #3 y #4.	Experimental con voladizo de cubierta - Modulo control sin voladizo de cubierta	Temperatura de material exterior (Punto #3) - Temperatura de material interior (Punto #4)
10.Termografías de módulos en punto #9 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:18 a.m.	Modulo control y Experimental con voladizo de cubierta	Temperatura de radiación °C - Temperatura ambiente interior °C (Punto #8) - Temperatura de material exterior °C (Punto #9)
11.Termografías de ladrillo en módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:20 a.m.	Modulo control y Experimental con voladizo de cubierta	Temperatura de radiación °C (Flir-tg165)
12.Termografía en interior de módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.	Modulo control y Experimental con voladizo de cubierta	Temperatura de radiación°C (Flir-tg165) - Temperatura humedad relativa % interior (Punto #7) -Temperatura ambiente interior °C (Punto #8) - Temperatura material interior °C (Punto #10)



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Se realizó un comparativo temperaturas y discusiones de resultados sobre diferencia entre módulos bajo condiciones ambientales iguales comparando: temperatura del material, con mediciones en los días, 4 y 10 de julio de 2019 entre las 10:00 a.m. y las 12:00 m. por ser las horas de radiación solar directa sobre el módulo en la pared que se estaba analizando, al encontrarse los módulos orientados hacia el “Este”

**Tabla 3 Análisis de mediciones realizados a unidades de emparejamiento.**

Descripción de Análisis	Equipos de medición
1. Comparativo de radiación, temperatura y humedad sobre modulo “Experimental” - “Control” Fecha = 4 de julio de 2019	-Temperatura de radiación °C (Flir-tg165). - Humedad relativa interior % (Punto #7). - Temperatura ambiente interior °C (Punto #8). - Temperatura de material exterior °C (Punto #9).
2. Comparativo de radiación sobre el ladrillo del punto de medición #9 Fecha= 4 de julio 2019	-Temperatura de radiación °C (Flir-tg165).
3. Comparativo de temperatura de material sobre el ladrillo del punto de medición #9 y #10 para cada condición de orientación de días críticos	- Temperatura de material interior °C (Punto #9). - Temperatura de material exterior °C (Punto #10).
4. Comparativo de variación de temperatura interna y externa del material en cada módulo para los días más críticos por orientación “Este” y “Oeste”.	- Temperatura de material exterior °C (Punto #9). - Temperatura de material interior °C (Punto #10).
5. Análisis de comportamiento de muros opuestos tomados de referencia la ubicación del Ekomuro, bajo un promedio mediciones de material en ambos módulos	-Temperatura de muro en zona exterior H=1.2m con Pistola Laser (Punto #3) -Temperatura de muro en zona interior H=1.2m con Pistola Laser (Punto #4)
6. Comparativo en los módulos con voladizo de cubierta igualado, con medidas de radiación de material, temperatura ambiente y en el material al exterior Fecha= 10 de julio 2019.	-Temperatura de radiación °C (Flir-tg165). -Temperatura ambiente interior °C (Punto #8). - Temperatura de material exterior °C (Punto #9).



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Descripción de Análisis	Equipos de medición
7. Comparativo sobre un ladrillo de cada módulo ubicado sobre el punto de medición #9 por emisión térmica Fecha= 10 de julio 2019.	-Temperatura de radiación °C (Flir-tg165).
8. Comparativo de radiaciones humedad y temperatura al interior de los módulos con la cubierta igualada Fecha= 10 de julio 2019	- Temperatura de radiación °C (Flir-tg165). - Temperatura humedad relativa % interior (Punto #7). - Temperatura ambiente interior °C (Punto #8). - Temperatura material interior °C (Punto #10).
9. Comparativo de índice de confort de los módulos para los días: Fecha = 4 de julio de 2019 y Fecha= 10 de julio 2019	- Temperatura humedad relativa % interior (Punto #7). - Temperatura ambiente interior °C (Punto #8).

Como instancia final el capítulo **6. lineamientos**, para la recomendación del uso adecuado de acuerdo las fachas principales de una VIS, también se realizó un análisis de costo comparando un sistema de almacenamiento tradicional con el propuesto y definiendo áreas de utilización de sistema de almacenamiento sobre una vivienda y capacidad total del sistema en base a diseño estándar de vivienda de interés social común. Así mismo una serie de lineamientos para la adecuada ejecución y optimización en tiempos de implementación en base a guías técnicas definidas por el ministerio de vivienda en Colombia.



## **5. RESULTADOS.**

### **5.1 ANALISIS DE VARIACION DE TEMPERATURA Y HUMEDAD AL INTERIOR DE UNIDADES HABITACIONALES EN CLIMA CALIDO HUMEDO.**

En este capítulo se presenta un resumen de comportamiento de temperatura y humedad en viviendas de interés social ubicadas en una zona de clima cálido húmedo, siendo la vivienda de interés social es aquella solución arquitectónica que surgió para la población de escasos recursos.

Los elementos que conforman las viviendas en la zona de la región caribe deben cumplir con brindar bienestar y comodidad, por lo que se han referenciado en este capítulo cómo se comportan las viviendas mediante la recolección de valores de temperatura y humedad basado en información secundaria, así mismo con los datos obtenidos en este proyecto en los módulos experimental y control.

#### **5.1.1 Materiales de viviendas de interés social.**

Los materiales de la VIS dependen la climatología de la zona donde se está desarrollando, en este caso para él un clima cálido húmedo se requieren materiales inertes, porque retardan la transmisión de calor al interior de la vivienda, además este paso de energía calorífica define como la envolvente genera las condiciones óptimas en el interior de esta. De acuerdo a la serie de guías de asistencia técnica para VIS para los materiales de la construcción, se presenta la Ilustración 11 que define los elementos que se recomiendan para la vivienda de acuerdo a la condición climática de la zona.



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Ilustración 11. Materiales recomendados para la construcción de VIS de acuerdo a su Inercia térmica y zona climática (Minvivienda, Los Materiales de Construcción en Vivienda de Interés Social, 2011).**

ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN	CLIMA CÁLIDO SECO 24<sup>°</sup>C		CLIMA CÁLIDO HUMEDO 24<sup>°</sup>C	
	TRADICIONAL	CONVENCIONAL	TRADICIONAL	CONVENCIONAL
MUROS	ESTERILLA DE GUADUA CON BARRO	UNIDADES DE MAMPOSTERIA HUECAS	MUROS EN MADERA Y GUADUA	UNIDADES DE MAMPOSTERIA HUECAS
		PAÑETES		MADERA
	ADOBE	DIVISIONES INTERNAS EN MATERIALES LIGEROS		BAHAREQUE ENCEMENTADO
CUBIERTA	ESTRUCTURA EN MADERA	TEJA DE BARRO	EN FIBRAS NATURALES	REJAS DE ZINC
		TEJA DE FIBROCEMENTO		TEJAS DE FIBROCEMENTO
		TEJA DE ZINC		
PISOS	BALDOSIN	VINILO	BALDOSIN	BALDOSIN DE CEMENTO
		BALDOSIN DE CEMENTO		TABLETA CERÁMICA
		TABLETA CERÁMICA		
VENTANAS	MADERA CON BASCULANTE VERTICALES DE GRAN ABERTURA	CALADOS	CALADOS	MADERA
		MADERA		CALADOS
		LÁMINA		
		ANJEO		ANJEO

La revisión de cuáles son los elementos utilizados en viviendas de interés social en estudios realizados en clima cálido húmedo, el proyecto en la ciudad de Cartagena en 2015 por Javier López Grau y Fabian Sarmiento Oliveros, el proyecto en la ciudad de Barranquilla en 2018 por María Serje Martínez, y este proyecto se realizó en la ciudad de Cartagena año 2020 Por Mauricio Angulo Hernández estudiante de Universidad de Cartagena.



**Tabla 4. Materiales de envolventes en base a Guía Técnica Los materiales de Construcción en Vivienda de Interés Social.**

Composición de envolvente	Convencional	Barranquilla - VIS Maria Serje	Cartagena - VIS Javier López	Cartagena- Modulos pilotos Mauricio Angulo
MUROS	MAMPOSTERIA HUECA	SI	SI	SI
	RECUBRIMIENTO DE PAÑETE (MORTERO E=2,5CM)	SI	SI	NO
CUBIERTA	TEJA FIBROCEMENTO	SI	SI	
	TEJA DE PVC			SI
VENTANA	ALUMINIO + VIDRIO	SI	SI	SI

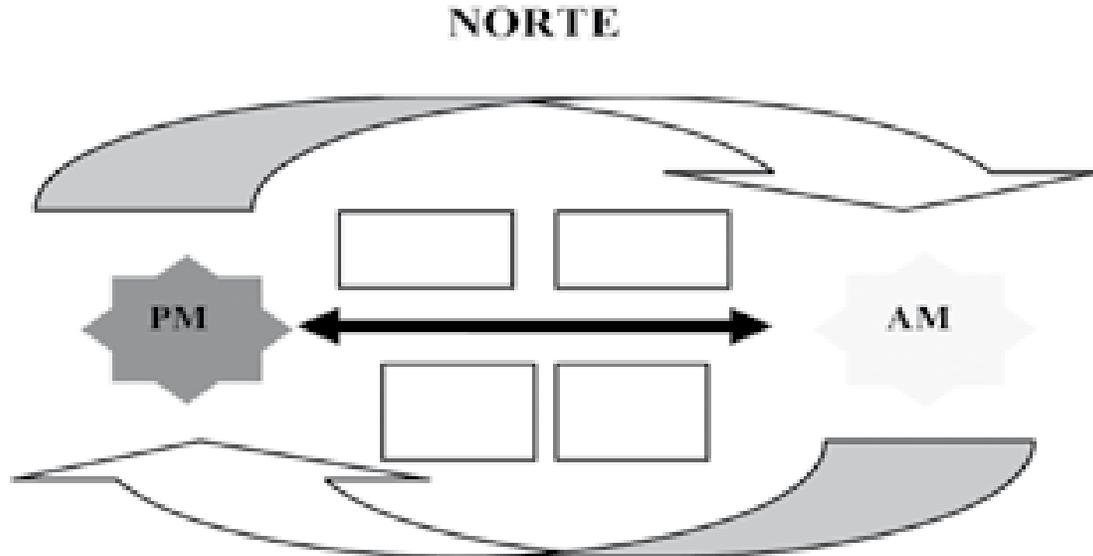
Las viviendas de interés social no cuentan con la obligación de entregar los elementos de la envolvente con de mortero de recubrimiento sobre los muros, en este caso los elementos fueron intervenidos por los propietarios después de la entrega, así dándole una capa de 2,5cm para el interior y exterior, aumentando el espesor de la envolvente y adicionándole mayor inercia térmica, reduciendo la transmisión de energía calorífica al interior de las unidades de vivienda por el aumento de espesor en el elemento.

### 5.1.2 Análisis de orientaciones bioclimáticas.

En el desarrollo de viviendas de interés social en climas cálidos húmedos se recomienda, en las guías de asistencia técnica Calidad en la Vivienda de Interés Social, se debe establecer una orientación que permita disminuir la incidencia del sol en el interior de las viviendas y aumentar la exposición a los vientos frescos, se presenta en Ilustración 12 un esquema de ubicación óptima para las VIS ubicando fachadas principal - posterior hacia el Norte y Sur.



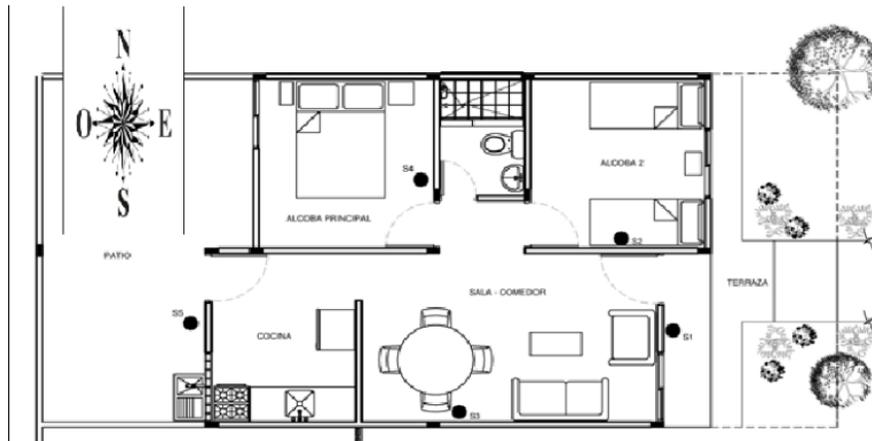
**Ilustración 12. Orientación óptima para clima cálido húmedo en VIS (Minvivienda, Calidad en la vivienda de Interés Social, 2011)**



De lo que se puede notar direccionando las fachadas principales hacia el Norte o Sur donde se ubican generalmente los vanos principales se evita el ingreso de las radiaciones solares, también en la búsqueda de aprovechar el mayor espacio disponible en los proyectos de VIS, los laterales de las viviendas son colindantes con las otras unidades habitacionales, por lo que estos muros de la envolvente no se ven tan afectados con la recepción solar. Se muestran a continuación las distribuciones espaciales y su orientación de los estudios mencionados, VIS Cartagena San José de los Campanos Urbanización Horizontes Etapa 5, VIS Barranquilla Urbanización Villas de San Pablo y Modelo en Revit 2019 - 3D vista en planta de unidades habitacionales a escala de laboratorio.

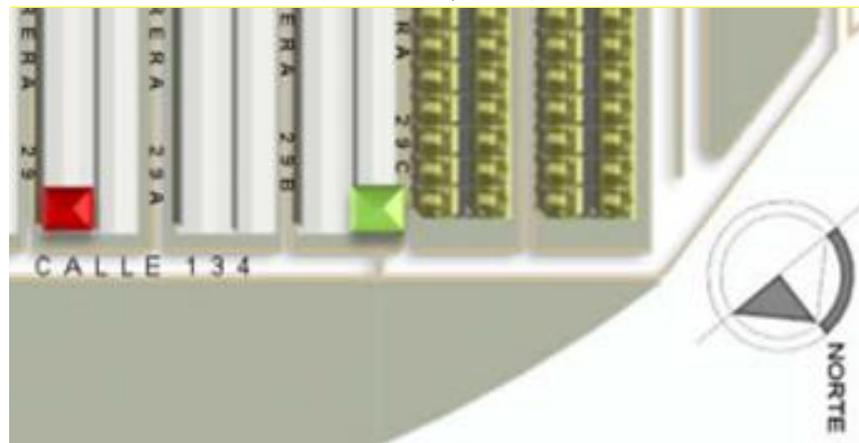


**Ilustración 13. Orientación de VIS Cartagena San José de los Campanos Urbanización Horizontes Etapa 5 (López, 2015).**



La VIS Cartagena presenta deficiencia en cuanto a la ubicación de sus fachadas (Este/Oeste), debido a que están orientadas al directamente a la recepción del sol sobre los vanos de ventilación, así se generan ingresos y reflexión sobre la superficie de la losa de la vivienda, siendo para la sala comedor y alcoba 2 en las horas de la mañana, para el caso de la tarde para la cocina y habitación principal, las cargas recibidas en horas de la tarde generan una carga calorífica en los muros de la habitación principal hasta las 6:00 p.m., esta carga se ve reflejada radiando calor hacia el interior en horas de la noche donde se encuentran los usuarios.

**Ilustración 14. Plano de ubicación y orientación de fachada de las VIS Barranquilla Urbanización Villas de San Pablo (Martínez, 2018).**



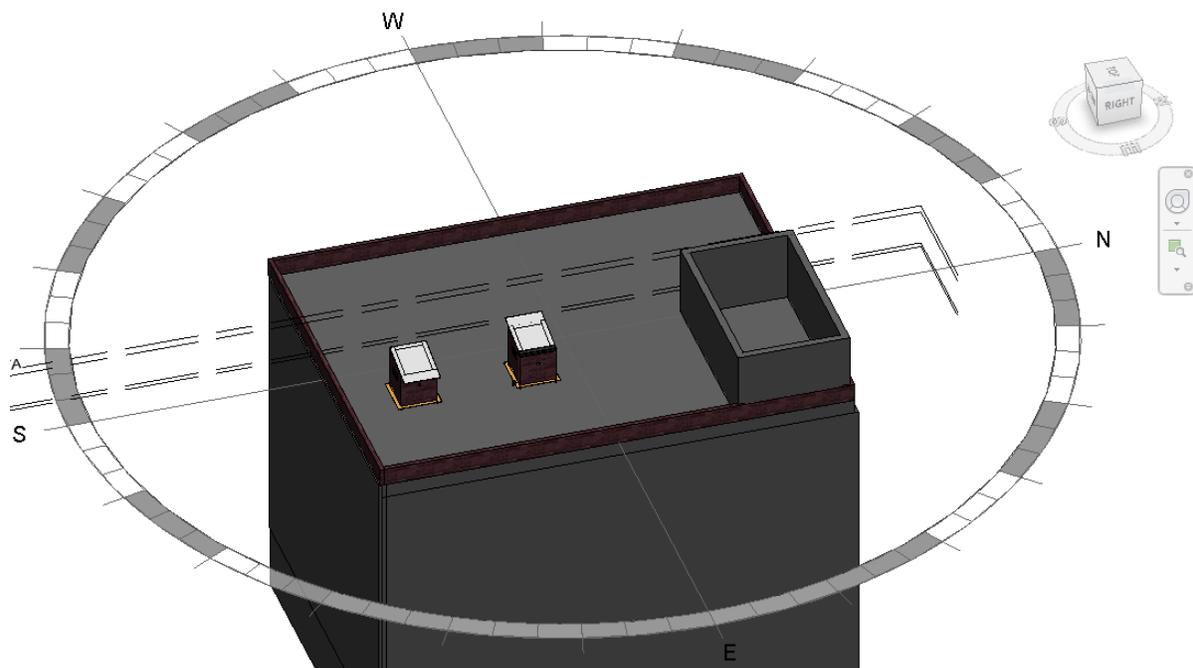


## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Cabe considerar por otra parte, se tomaron 2 viviendas deshabitadas de la urbanización Villas de San Pablo para ser evaluadas bajo 2 condiciones de orientación Sureste y Noroeste. La recepción solar sobre la vivienda orientada hacia el Sureste es cargada en horas de la mañana por el nacimiento del sol en dirección Este, esto se refleja sobre su fachada principal permitiendo el ingreso de radiación por los vanos principales, y también es cargado con energía calorífica su muro de envolvente lateral, ya que está ubicado sobre la calle 134 orientado. Para la vivienda con fachada Noroeste se tiene que su muro lateral es cargado en horas de la mañana al estar sobre la calle 134, pero con recepción solar sobre la fachada principal en horas de la tarde por la caída del sol sobre el Oeste.

### **Ilustración 15. Modelo en Revit 2019 - 3D Orientación en módulos de unidades habitacionales a escala de laboratorio**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



En Ilustración 15 el modulo experimental y control los muros con los sensores están orientados hacia el Este, por lo que esta condición se estaba analizando el comportamiento en horas de la mañana, orientando el único vano de inspección hacia el Sur, cumpliendo con las recomendaciones dadas por el ministerio de vivienda en la Guía de Calidad de Viviendas de Interés social, dando como resultado el mínimo ingreso de radiaciones solares, así mismo se analizó como era la recepción solar sobre las unidades orientando el muro analizado hacia el Oeste.

De acuerdo a las Orientaciones se puede decir que para el caso de la VIS Cartagena, se debieron diseñar las fachadas hacia el Norte o Sur, como beneficio esta vivienda colinda con otras en ambos lados, por lo que tendría un mejor comportamiento térmico. Para VIS Barranquilla se mitigo en cierta forma con las orientaciones definidas para las viviendas, pero de acuerdo a las recomendaciones dadas por las guías para VIS se pueden implementar arborización en los laterales de las unidades habitacionales donde no tienen colindantes, para reducir la recepción directa sobre el muro que esta sobre la calle 134.

### **5.1.3 Análisis comparativo de resultados de mediciones de temperatura de VIS Cartagena y Barranquilla basado en información secundaria con modulo experimental y control.**

Las condiciones ambientales de trabajos para los usuarios de las viviendas tienen límites de temperatura y húmedas, los cuales definen el estado de conformidad que se tienen dentro de un recinto cerrado, ya sea en reposo o mientras se está realizando alguna actividad que genera una tasa metabólica de calor corporal. Los límites establecidos de trabajo como condiciones aceptables  $25^{\circ}\text{C}$  y no se deben superar la humedad relativa en un 70% para mantener condiciones ideales (Trabajo, 2004). La normativa colombiana Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificaciones tiene valores permisibles “RITE”, presenta que las condiciones de temperatura operativa y la humedad relativa para clima cálido, se define para climas cálidos  $t > 25^{\circ}\text{C}$ ; Temperatura Operativa entre  $23^{\circ}\text{C}$  y  $25^{\circ}\text{C}$ , para el caso de Humedad Relativa se debe mantener en valores de 45% a 60% (ACAIRE, 2017).



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Para establecer un análisis de temperaturas y humedades de unidades habitacionales, se describe a continuación la relación establecida para el análisis de las VIS en la ciudad de Cartagena y Barranquilla mediante gráficos, con valores obtenidos en los módulos Experimental y Control al estar bajo la misma condición climática cálida húmeda.

De los datos de campo La VIS Cartagena San José de los Campanos Urbanización Horizontes Etapa 5, se presentó la ubicación de los sensores desde una vista en planta de la vivienda en Ilustración 13, se analizó un promedio de acuerdo las temperaturas obtenidas relacionando las temperaturas interiores y exteriores, para establecer el comparativo de medidas tomadas en la vivienda de interés social de la ciudad de Cartagena, se tuvo en cuenta la orientación de la casa con respecto en su fachada principal, que se encontraba direccionada al Oeste, por lo tanto, la ubicación de los sensores de acuerdo a esta condición permitió correlacionar los datos obtenidos por los módulos, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- S1 terraza con recepción directa sobre muro en horas de la tarde = punto de medición #6 orientación bioclimática Oeste.
- S2 cuarto secundario con recepción directa sobre muro en horas de la tarde = punto de medición #8 orientación bioclimática Oeste.
- S3 cuarto patio con recepción directa sobre muro en horas de la mañana = punto de medición #6 orientación bioclimática Este.
- S4 cuarto principal con recepción directa sobre muro en horas de la mañana = punto de medición #8 orientación bioclimática Este.

Esta relación se basó de acuerdo a los posicionamientos de los módulos que permitió observar cómo se comportaba el módulo experimental y el control con respecto a una vivienda de interés social convencional. Se presenta al detalle en el ANEXO 3 los datos obtenidos en campo en VIS Cartagena y en los módulos en los puntos #6 y #8 para cada orientación.



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.

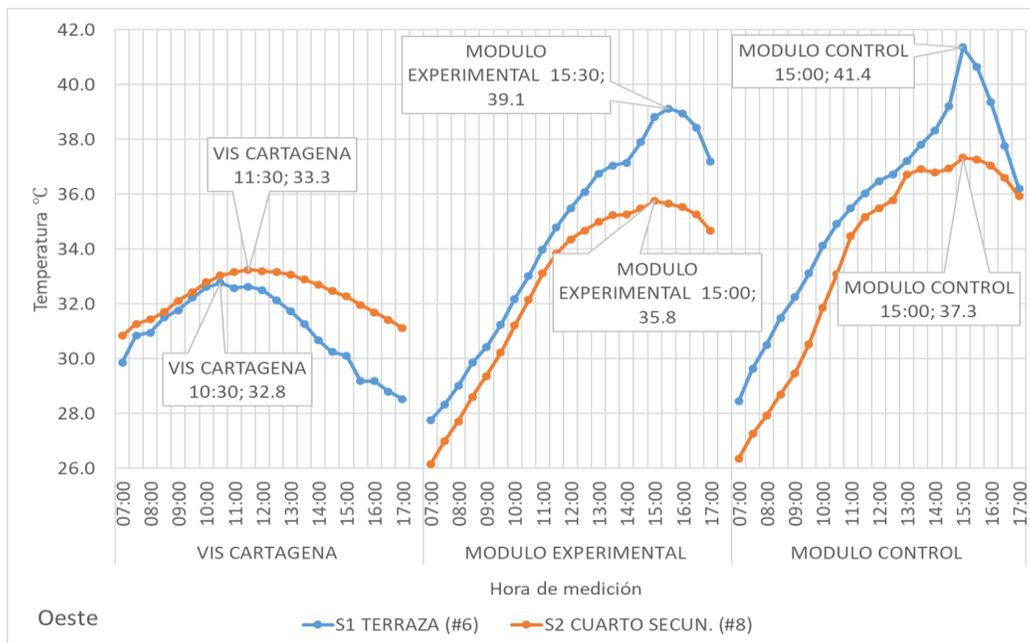


Los días seleccionados para generar el promedio de medidas fueron 13 días Oeste y 10 para Este, porque tomar todos los días de monitoreo generaba una alta desviación estándar para evaluar el comportamiento, por lo tanto, se descartaron los días nublados.

**Tabla 5. Tiempo atmosférico para los días de monitoreo a unidades a escala de laboratorio.**

N = # Dia	FECHA	RIENTACIÓ	CLIMA	N = # Dia	FECHA	RIENTACIÓ	CLIMA
1	15/5/2019	OESTE	SOLEADO	1	27/4/2019	ESTE	SOLEADO
2	16/5/2019	OESTE	SOLEADO	2	28/4/2019	ESTE	SOLEADO
3	17/5/2019	OESTE	SOLEADO	3	29/4/2019	ESTE	SOLEADO
4	18/5/2019	OESTE	SOLEADO	4	30/4/2019	ESTE	NUBLADO
5	19/5/2019	OESTE	SOLEADO	5	1/5/2019	ESTE	SOLEADO
6	20/5/2019	OESTE	SOLEADO	6	2/5/2019	ESTE	SOLEADO
7	21/5/2019	OESTE	SOLEADO	7	3/5/2019	ESTE	SOLEADO
8	22/5/2019	OESTE	SOLEADO	8	4/5/2019	ESTE	SOLEADO
9	23/5/2019	OESTE	SOLEADO	9	5/5/2019	ESTE	SOLEADO
10	24/5/2019	OESTE	SOLEADO	10	6/5/2019	ESTE	SOLEADO
11	25/5/2019	OESTE	SOLEADO	11	7/5/2019	ESTE	NUBLADO
12	26/5/2019	OESTE	SOLEADO	12	8/5/2019	ESTE	NUBLADO
13	27/5/2019	OESTE	SOLEADO	13	9/5/2019	ESTE	SOLEADO

**Ilustración 16. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Cartagena, modulo control y experimental en puntos de medición #6 - #8 para condición de orientación bioclimática Oeste.**



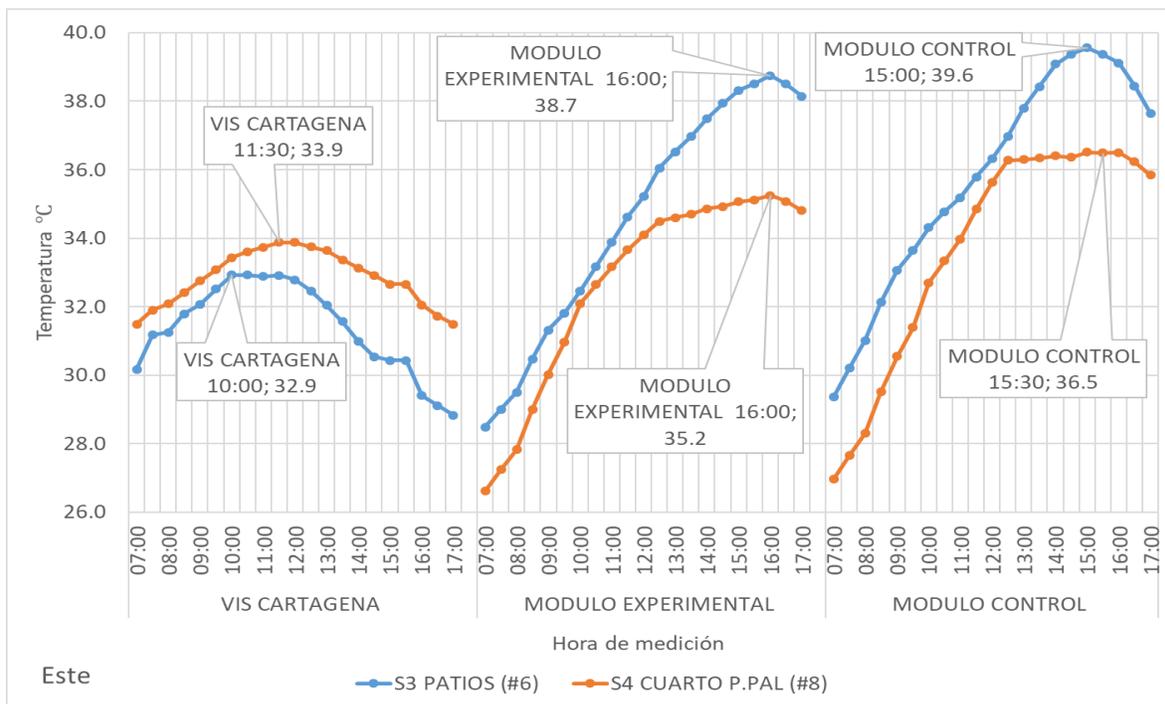


# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Para la VIS Cartagena orientación Oeste las temperaturas al interior eran mayores que las del exterior, a diferencia de los módulos que fue inverso, aun así, el módulo control bajo la misma orientación bioclimática presento mayores temperaturas que el experimental. Para establecer valores de comparación se calculó la diferencia de las temperaturas máximas internas con externas registradas, para la vivienda de Cartagena fue  $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  siendo mayor al interior que el exterior, pero los módulos como caso particular obtuvimos que la temperatura al interior fue menor que la del exterior en ambos, para el control mostro en su valor máximo una diferencia  $4.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para el experimental su temperatura máxima en el interior resulto tener una diferencia de  $3.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en la zona más crítica para el mismo día y bajo el mismo escenario de orientación los módulos, en la diferencias de temperatura interna el control que se mantuvo con  $2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  sobre experimental.

**Ilustración 17. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Cartagena, modulo control y experimental en puntos de medición #6 - #8 para condición de orientación bioclimática Este.**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Las temperaturas se comportaron mayores al interior que en las registradas en zonas externas y lo inverso para los módulos, para el módulo control fue  $3.1^{\circ}\text{C}$  y en el experimental fue de  $3.5^{\circ}\text{C}$ , las medidas son tomadas el mismo día en los módulos y aun así el promedio mantiene  $1.3^{\circ}\text{C}$  la temperatura más bajo al interior del experimental.

Los valores de promedio son susceptibles a variaciones por incertidumbre del equipo, las desviaciones de los promedios son:

**Ilustración 18. Desviaciones estándar de promedio de temperaturas de ambiente en el punto de medición #6 y #8 en modulo experimental y control para las orientaciones Este y Oeste.**

Descripción de medida	Punto de medición	Valor (+ ó - )
Desviación estándar de promedio orientación Oeste en modulo experimental	#6	$1.5^{\circ}\text{C}$
	#8	$0.9^{\circ}\text{C}$
Desviación estándar de promedio orientación Oeste en modulo control	#6	$2.3^{\circ}\text{C}$
	#8	$1.1^{\circ}\text{C}$
Desviación estándar de promedio orientación Este en modulo experimental	#6	$1.9^{\circ}\text{C}$
	#8	$1.4^{\circ}\text{C}$
Desviación estándar de promedio orientación Este en modulo control	#6	$2.3^{\circ}\text{C}$
	#8	$1.6^{\circ}\text{C}$

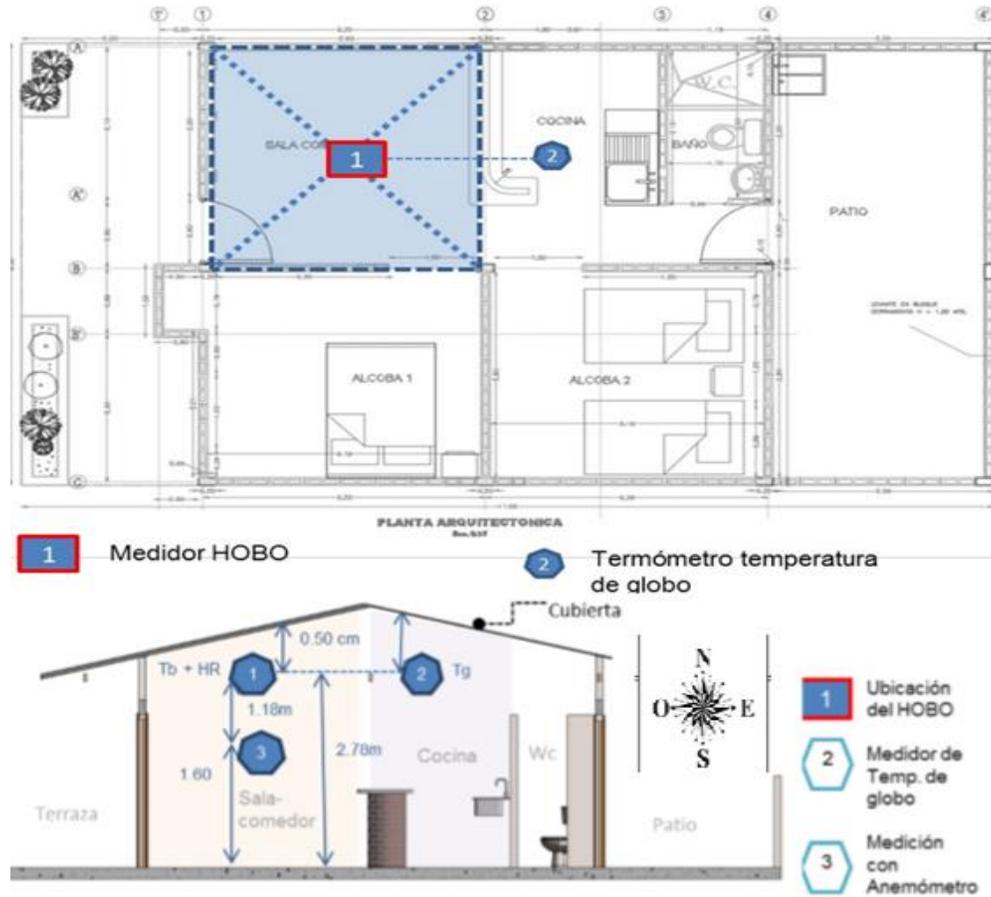


# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Así mismo se analizó el comportamiento de las VIS Barranquilla Urbanización Villas de San Pablo, los puntos de medidas se presenta en Ilustración 19, los datos recolectados permitieron definir el comportamiento térmico interior para ambas orientaciones.

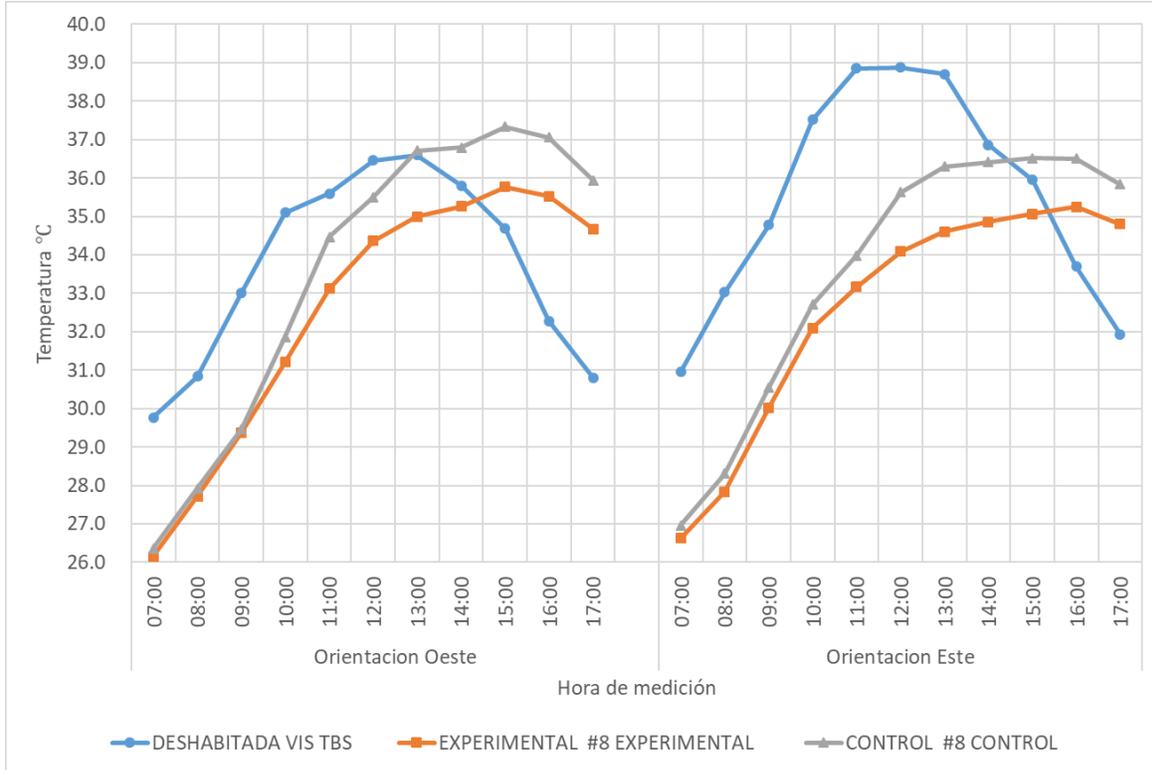
**Ilustración 19. Puntos de medición de VIS Barranquilla Urbanización Villas de San Pablo (Martínez, 2018).**



Se analizaron los datos obtenidos del estudio VIS Barranquilla (Martínez, 2018) con los de las unidades habitacionales a escala de laboratorio, se obtuvo que la tendencia de temperatura fue similar a la de las unidades habitacionales a escala de laboratorio, se relacionaron puntos de medición de acuerdo a la orientación bioclimática buscando mantener similitud en la ubicación de los equipos.



**Ilustración 20. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Barranquilla, modulo control y experimental en punto de medición #8 para condición de orientación bioclimática Este y Oeste.**



Para la orientación Este son más elevadas las temperaturas en VIS Barranquilla, esto se da por la ganancia de energía calorífica por radiación al tener recepción directa en las horas de la mañana en la posición más cercana del sensor sobre el muro que recibe en la mañana, a diferencia el Oeste tienen menores temperaturas desde el inicio al estar más alejado el termómetro de bulbo seco de las radiaciones en horas de la mañana, pero mantienen un comportamiento parecido a lo largo del día, los módulos guardaron relación en el aumento de la temperatura, se puede notar que el modulo experimental siempre mantiene menores temperatura que el control.

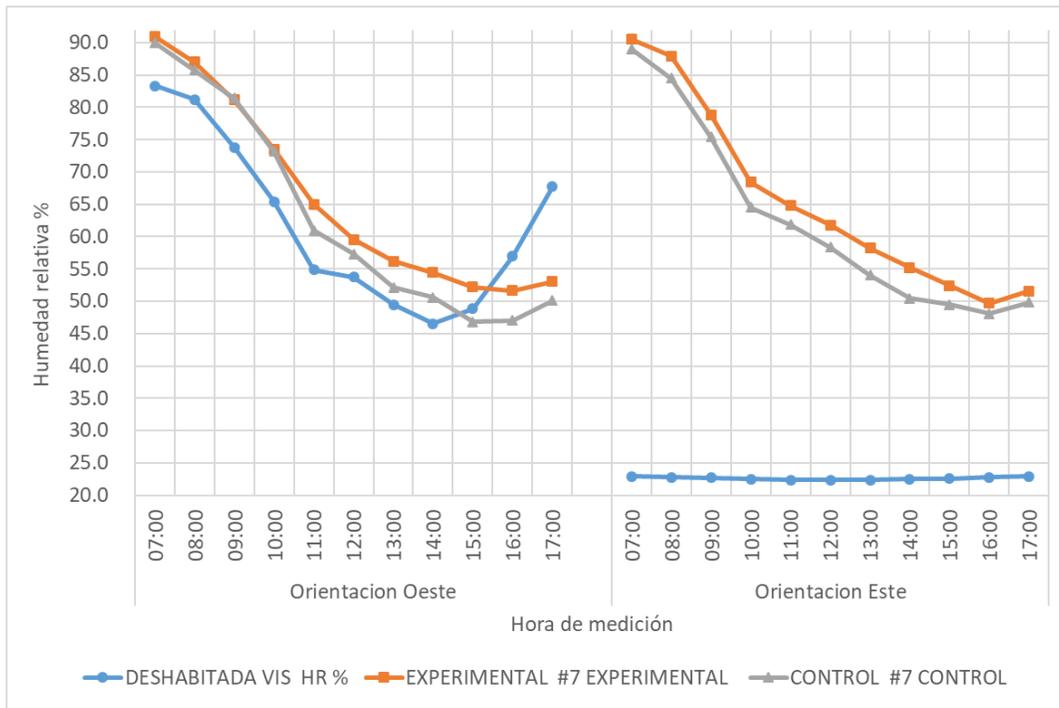


# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Los valores obtenidos al interior las viviendas de Cartagena y Barranquilla se mantuvieron por encima de los rangos permisibles de trabajo, esto se pudo ver desde el inicio del día aumentando hasta valores muy cercano a la temperatura corporal de 37°C y mayores, definidos por normas como límites establecidos de trabajo como condiciones aceptables 25°C (Trabajo, 2004). También para el caso de La normativa colombiana Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificaciones tiene valores permisibles “RITE”, en los climas cálidos  $t > 25^{\circ}\text{C}$  Temperatura Operativa entre 23 °C y 25 °C. Se hizo valida una revisión de los valores obtenidos al interior de viviendas de % humedad relativa, para definir si se encuentra dentro de los rangos admisibles, el valor ideal no debe superar la humedad relativa en un 70% para mantener condiciones ideales.

**Ilustración 21. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Barranquilla, modulo Control y Experimental en punto de medición #7 para condición de orientación bioclimática “Este” y “Oeste”.**





# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



El comportamiento en el escenario de fachadas orientadas hacia el Oeste tuvo un comportamiento similar, donde se encontraban las viviendas dentro de rangos admisibles después de 10:00 a.m. en todos los casos. Para la orientación Este, los valores captados por el equipo en el caso del estudio realizado en Barranquilla tuvieron errores o discrepancias al encontrarse por un valor constante desde las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. referenciado en la investigación que hubo una caída del equipo dañando este medidor.

En el análisis de cubierta se referenciaron las temperaturas obtenidas en la cubierta de cada una de las zonas de la VIS Barranquilla, se presentan los valores definidos por zona a continuación:

**Tabla 6. Promedios de temperatura de cubierta punto #2 en modulo control, experimental y viviendas de interés social Barranquilla.**

MODULOS CARTAGENA			
MODULO	EXPRIMENTAL	CONTROL	ORIENTACION
11:00	42.90	44.50	ESTE 28-ABR-2019
11:30	45.30	47.35	
12:00	47.70	50.20	
PROMEDIO	45.30	47.35	
10:30	39.80	43.00	OESTE 24-ABR-2019
11:30	41.10	45.30	
12:00	41.40	45.40	
PROMEDIO	40.77	44.57	
VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL BARRANQUILLA			
SALA	50.70	49.60	OESTE 24-ABR-2019
COCINA	50.20	54.40	
HAB. PPAL	46.70	49.10	
PROMEDIO	49.20	51.03	
ORIENTACION	ESTE	OESTE	



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Los valores obtenidos en VIS Barranquilla se tomaron como un promedio de 3 medidas de la vivienda, para relacionar con los módulos en el punto #2 interior de cubierta con pistola laser de la misma referencia, los valores de promedio de la cubierta presentan el comportamiento global de esta, ya que los módulos al ser un área reducida se asumen que trabaja como la totalidad de una cubierta de una vivienda de interés social. La cubierta utilizada en la vivienda de interés social de Barranquilla es en fibrocemento lo cual tiene una gran inercia térmica, además esta permite el almacenamiento del calor por horas más allá de las expuestas, a diferencia de los módulos que trabajan con una cubierta termo acústica de PVC de baja inercia térmica.

Los resultados mostraron para la hora del estudio como en la zona de la cocina presento mayores temperaturas por las actividades que se realizan, de acuerdo con los obtenidos de los módulos las diferencias de temperatura fueron:

- Orientación Este (Barranquilla-control) =1.85 °C
- Orientación Este (Barranquilla-experimental) =3.9°C
- Orientación Oeste (Barranquilla-control) =6.46 °C
- Orientación Oeste (Barranquilla-experimental) =6.47°C

Los elementos en PVC presentan un mejor desempeño de acuerdo a las temperaturas del material, esto es a razón de la baja inercia térmica para almacenar la energía calorífica, caso que no se ve en las tejas de fibrocemento.



## **5.2 MONITOREO Y CLASIFICACIÓN DE UNIDADES HABITACIONALES A ESCALA DE LABORATORIO.**

Al momento de realizar el monitoreo en las unidades se tomaron como referencia el promedio de los puntos definidos en los módulos como se presentó en la Ilustración 9 e Ilustración 10. Las variables se definieron como: condición de orientación; Este y Oeste, como factor de cambio el modulo denominado experimental y control, para así tener un comportamiento general de cada módulo. Para un comportamiento detallado se seleccionaron los dos días con mayores temperaturas registradas de cada orientación, por ultimo para complementar un comportamiento de materiales de los elementos de los módulos con mediciones termografías de radiación de calor.

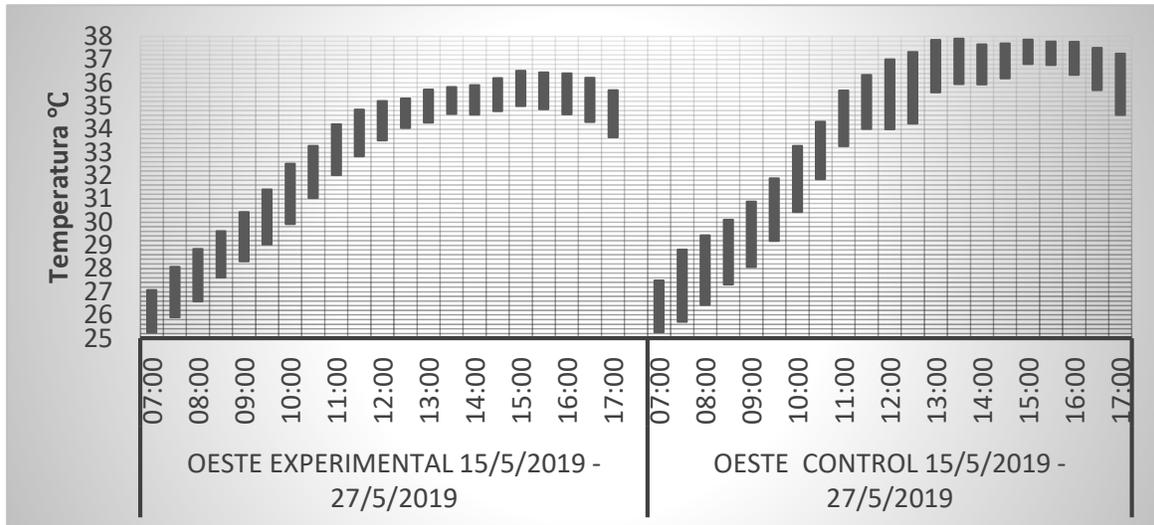
### **5.2.1 Clasificación por índice de confort para cada orientación de las unidades a escala de laboratorio de promedio.**

Para el análisis de comportamiento general de los módulos, los valores del promedio y desviación estándar de temperatura y humedad de los módulos presentados en ANEXO 3. DATOS DE MONITOREOS Y CALCULO DE RESULTADOS., se generaron las gráficas los rangos de valores máximos y mínimos de cada orientación.

Para la relación de promedio de máximos y mínimos, la selección de días de acuerdo a los días soleados para mostrar la condición más desfavorable, se presentó en Tabla 5. Tiempo atmosférico para los días de monitoreo a unidades a escala de laboratorio.

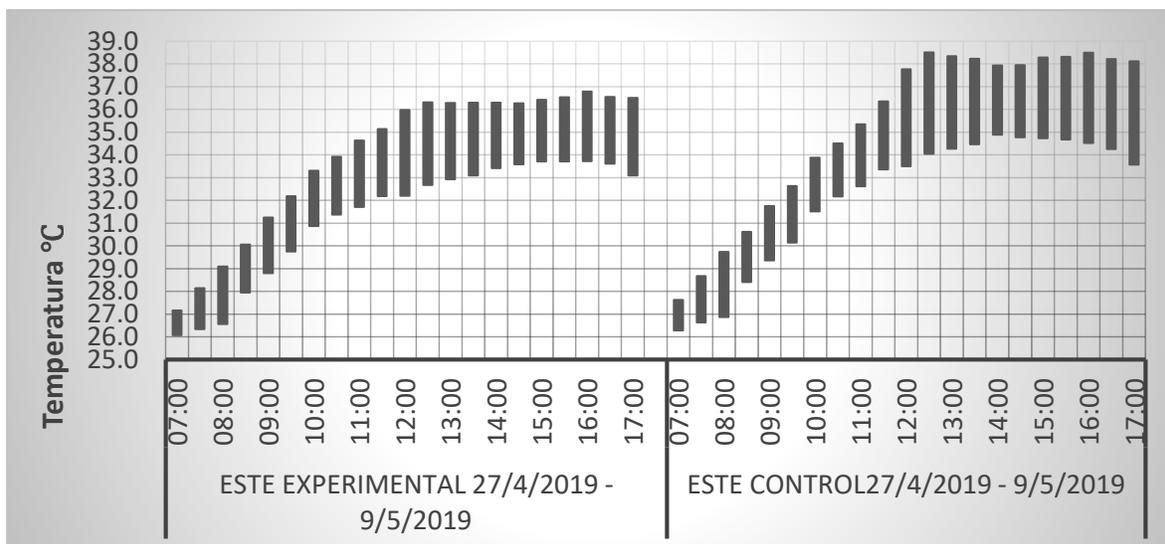


**Ilustración 22. Máximos y mínimos en promedio de 13 días para temperatura en punto de medición #8 para orientación Oeste modulo experimental y control.**



De acuerdo a los gráficos obtenidos de promedio para la temperatura ambiente al interior de los módulos, para el modulo control los valores de temperatura en su punto máximo superan el experimental, estando por encima con una medida de 37.9 °C y el modulo experimental con mejores condiciones con 36.5 °C. El promedio de todas las desviaciones estándar del módulo experimental es de  $\pm 0.9$  °C, pero para el caso del módulo control se obtuvo que  $\pm 1.1$  °C.

**Ilustración 23. Máximos y mínimos en promedio de 10 días para temperatura en punto de medición #8 para orientación Este módulo experimental y control.**





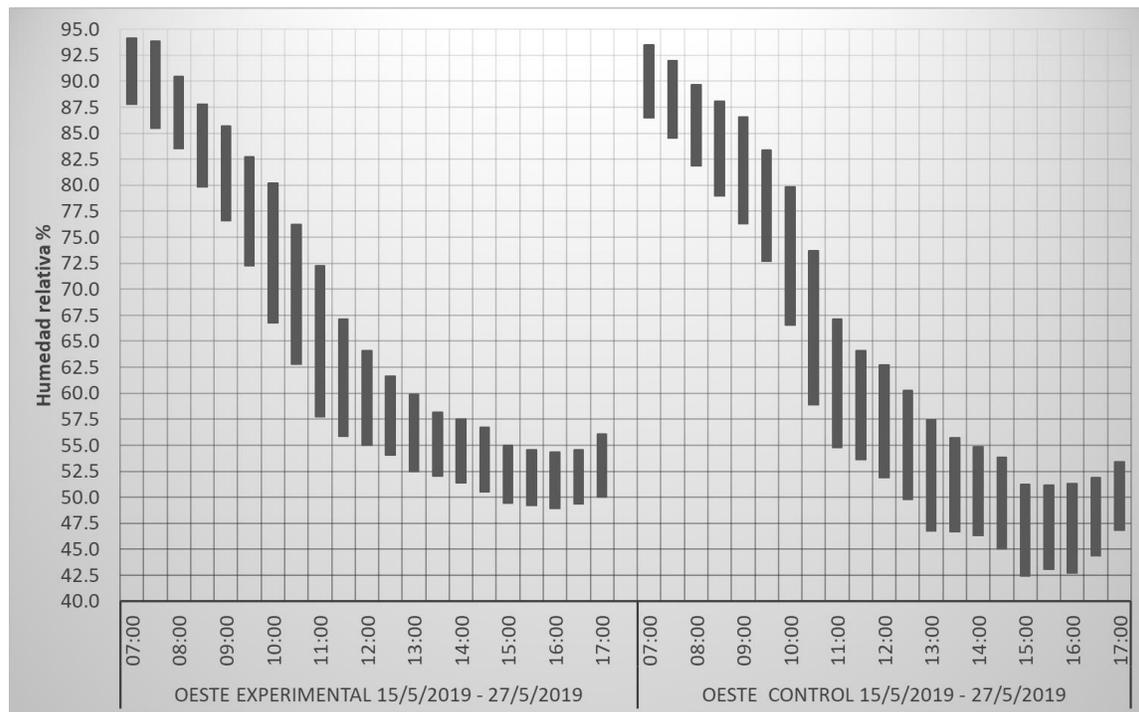
## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Para el caso de la condición de orientación Este el comportamiento térmico al interior del experimental con condiciones de temperatura más bajas, la temperatura máxima presentada para el modulo control fue 38.5°C y el modulo experimental presento una temperatura máxima de 36.8°C.

Así mismo para la selección de los días por condición de orientación se realizó un cálculo de desviación estándar en el punto de medición #7, este representa la humedad relativa al interior de los módulos, dando, así como resultado las gráficas de máximos y mínimos para esta variable.

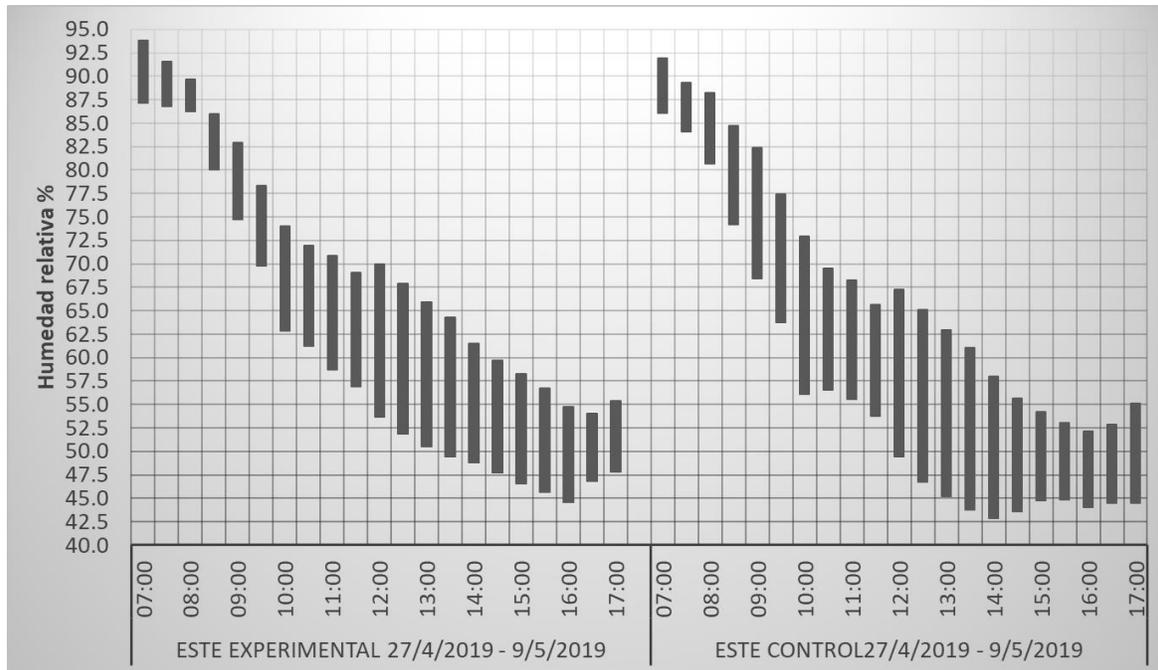
**Ilustración 24. Máximos y mínimos en promedio de 13 días para humedad relativa en punto de medición #7 para orientación Oeste modulo experimental y control.**



Los valores obtenidos para las humedades máximas y mínimas del promedio de los 13 días con orientación hacia el Oeste se mantuvieron por encima en el módulo experimental, los valores de diferencia entre los módulos en promedio 1.2 % en la mañana, ya que cuando se inició la recepción de radiación solar en horas de la tarde se dio con un valor promedio de 3.5 % de 12:00 a 5:00 p.m.



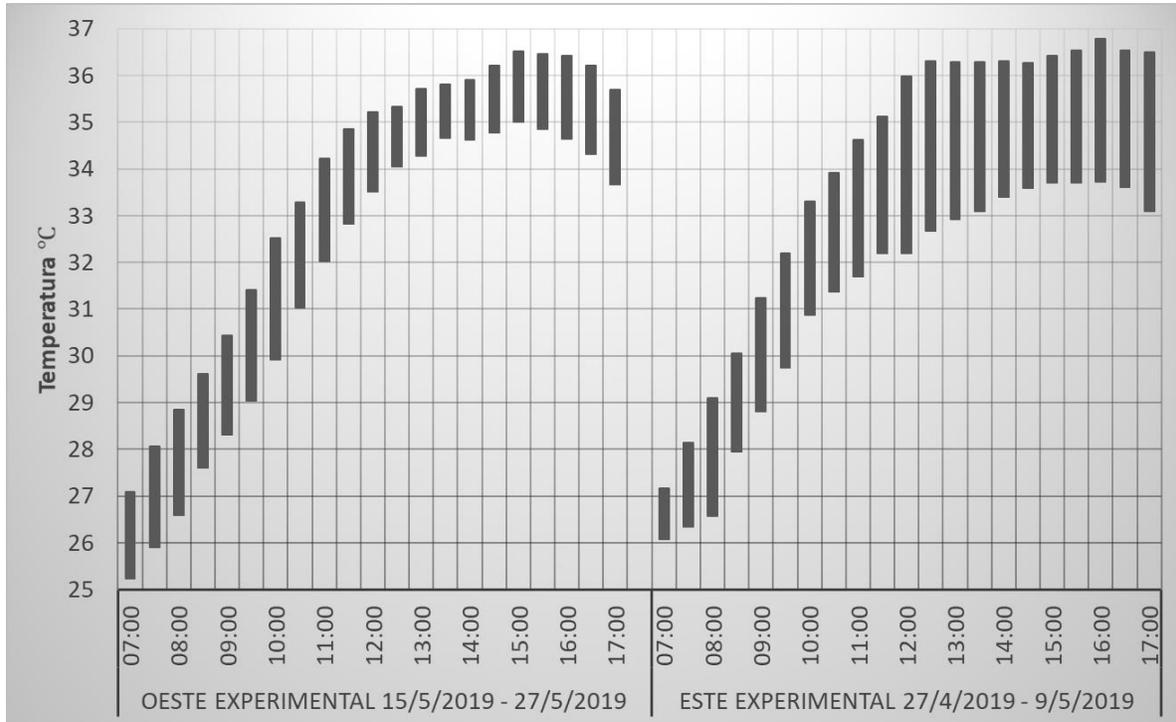
**Ilustración 25. Máximos y mínimos en promedio de 10 días para humedad relativa en punto de medición #7 para orientación Este módulo experimental y control.**



Al analizar las humedades que se presentaron cuando se tenía recepción directa bajo la condición de orientación Este en horas de la mañana, sucedió lo mismo que en el caso anterior, las humedades relativas del módulo experimental se mantienen superiores con respecto al control, el resultado fue en horas de la mañana con un promedio de 3.1 % y en las horas de la tarde de 3.1%.



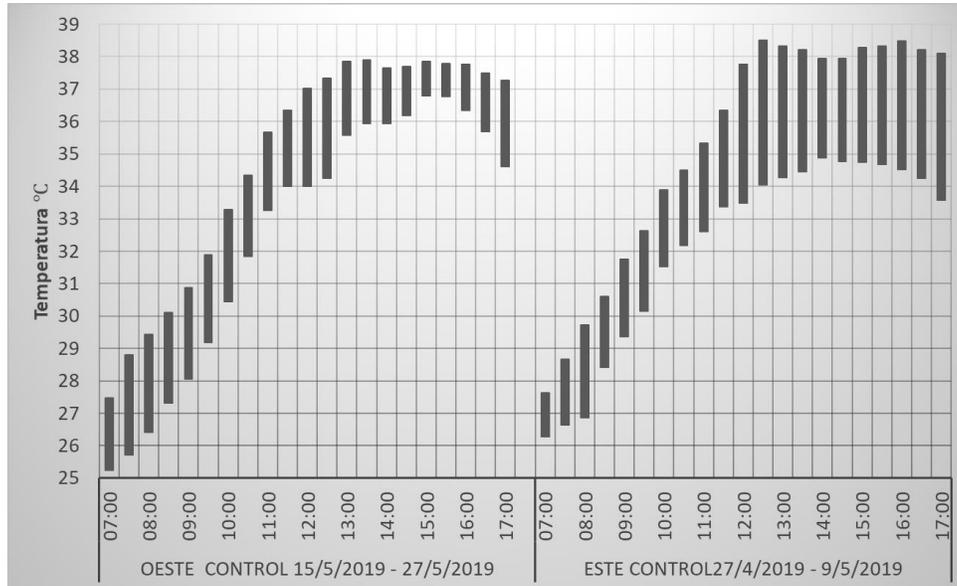
**Ilustración 26. Máximos y mínimos de promedios de temperatura en punto de medición #8 para orientación Este y Oeste en modulo experimental.**



De acuerdo a los valores obtenidos la amplitud de la vela en dirección Este al pasar por las 11:00 a.m., se hace notar que las variaciones en picos máximos y mínimos son mayores y se mantienen con mayor temperatura a diferencia de la orientación opuesta. La orientación del Ekomuro H2O está hacia el Oeste logra mantener una temperatura más controlada y menores desviaciones, también se puede notar como mantiene un control en el aumento desde el inicio de la recepción solar a la 1:00 p.m. hasta las 3:00 p.m. y comenzando a disminuir, esto se verá reflejado y dando como resultado disminución de calor por radiación en horas de la noche.

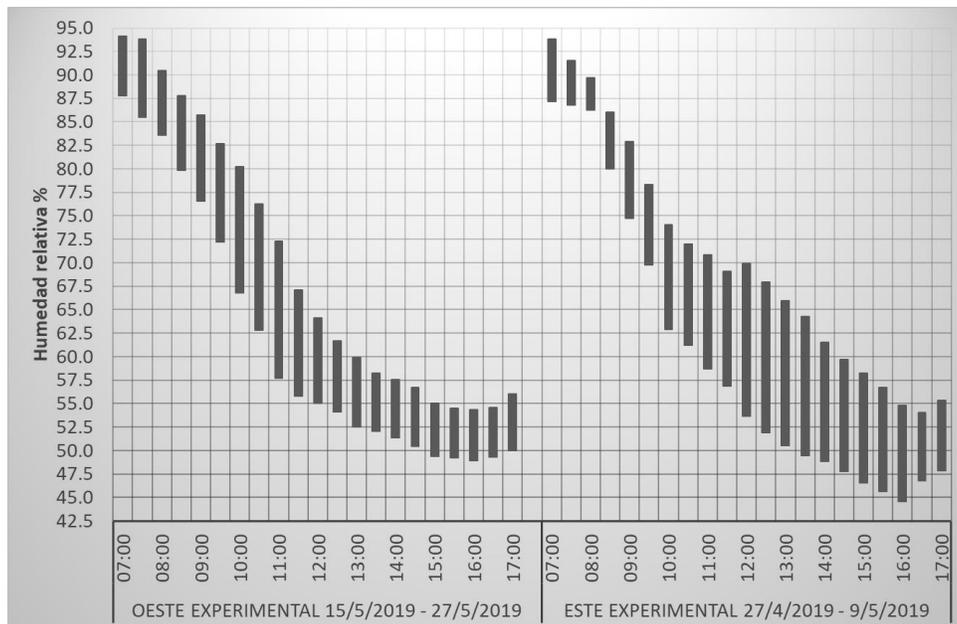


**Ilustración 27. Máximos y mínimos de promedios de temperatura en punto de medición #8 para orientación Este y Oeste en modulo control.**



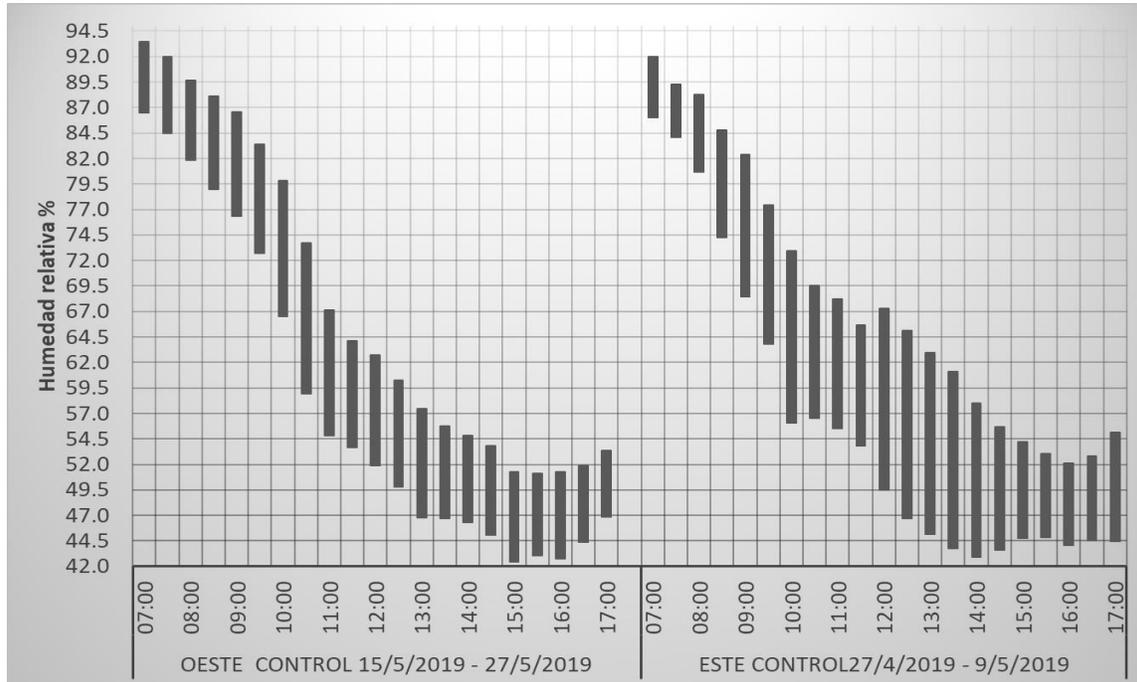
Para el comportamiento que presento el control se hizo que las temperaturas se mantienen en su máxima desde la 1:00 p.m., estando siempre con mayores valores que la temperatura máxima que se obtuvo sobre las orientaciones del módulo experimental de 36.8 °C.

**Ilustración 28. Máximos y mínimos en promedio de humedad relativa en punto de medición #7 para orientación Este y Oeste modulo experimental.**





**Ilustración 29. Máximos y mínimos en promedio de humedad relativa en punto de medición #7 para orientación Este y Oeste modulo experimental.**



Los promedios de humedad guardan la misma relación de comportamiento, pero se puede notar que los valores de el modulo experimental se mantienen por encima de los que presenta el control, la continuidad de las medidas en los valores máximos y mínimos en el experimental se mantiene con una desviación de valores más baja en al pasar las horas.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los promedios de las temperaturas sobre cada orientación bioclimática, se dio en la condición “Oeste” que presentó un mejor desempeño en cuanto a las temperaturas máximas obtenidas y menores desviaciones de temperatura, además se hizo notar que la unidad experimental permite mantener temperaturas inferiores a una convencional.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



De acuerdo a las condiciones definidas para las temperaturas optimas de confort térmico en Colombia, Panamá y España, Están posicionadas entre los valores de 23°C y 29°C para ambiente interior. Las temperaturas comunes en las VIS y climas tropicales se encuentran por encima de estos rangos, así denominándolas en déficit de confort térmico para los habitantes. En este estudio se presentan valores de temperaturas extremos superando los rangos establecidos como condiciones mínimas, al estar ubicado en una zona cálida húmeda donde las temperaturas son extremas, dando como resultado la inexistencia de condiciones de confort térmico, además de contener un volumen de aire reducido al ser una escala de laboratorio donde se tiene una altura de 1,1 metro, para las VIS se recomienda tener alturas de muros como mínimo 2.7m, para así aumentar el volumen de aire al interior retardando el calentamiento (Minvivienda, Calidad en la vivienda de Interes Social, 2011).

Se evaluó mediante el índice de confort que variación genero el sistema de almacenamiento sobre el modulo experimental. Se denominaron en escala de índice de confort las unidades, donde se utilizaron valores medidos al interior de los módulos de: humedad relativa en el punto #7 y temperatura ambiente en el punto #8. Se tomaron los valores de promedios para cada orientación, además que con su desviación estándar se calculó el índice de confort para sus valores máximos y mínimos.

$$Ic = (36.5 - Ts)(0.05 + h/250)$$

*donde:*

*Ic = Indice de Confort.*

*Ts = Temperatura del aire en (°C).*

*H = Humedad relativa (%).*

De acuerdo al resultado se define el índice de confort térmico por los siguientes rangos de valores:

*Rangos de sensacion experimentada.*



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



0 a 3 Muy caluroso.

3.1 a 5 Caluroso.

5.1 a 7 Cálido.

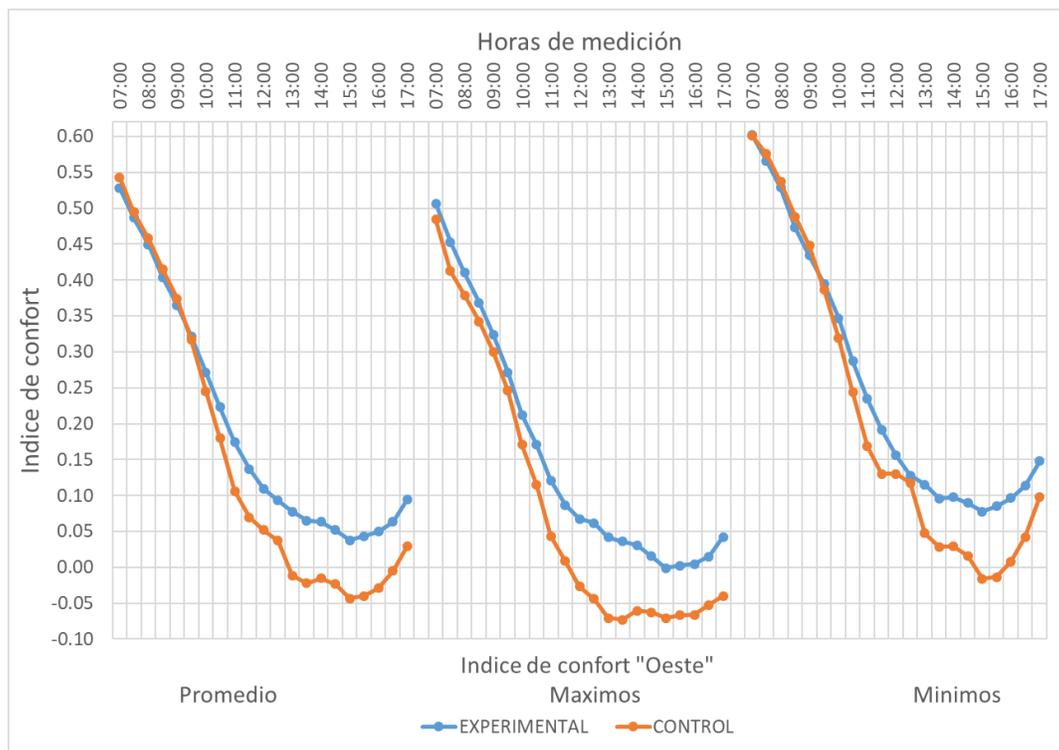
7.1 a 11 Agradable.

11.1 a 13 Algo frio.

13.1 a 15 Frio.

Los valores obtenidos como lo es el promedio de medidas, su valor máximo y mínimo para el promedio, fueron tabulados y calculados su índice de confort como se presentan en ANEXO 3. DATOS DE MONITOREOS Y CALCULO DE RESULTADOS., de los cuales se generaron las gráficas comparando el índice de confort entre módulos entre promedio, máximo y mínimos temperatura.

**Ilustración 30. Comparativo para modulo experimental y control con índice de confort con valores de Promedio – Máximos – Mínimos orientación “Oeste”.**



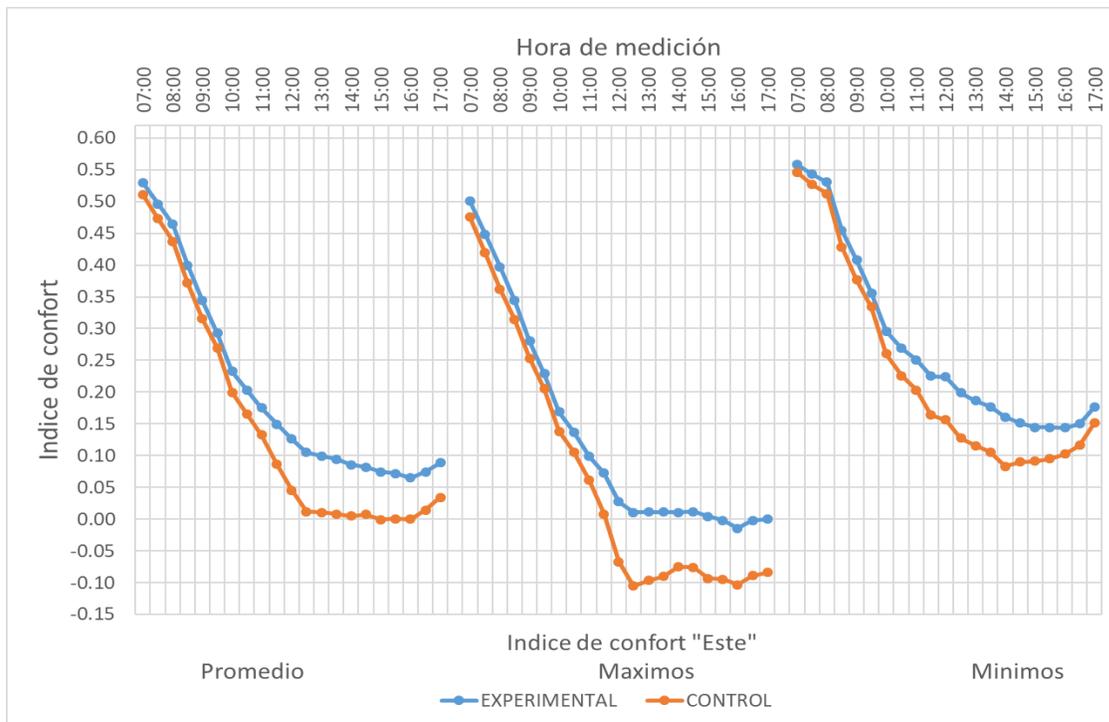


## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Los comportamientos en los módulos con orientación “Oeste” tienen valores próximos al promedio, esto se hace notar desde el inicio del día hasta aproximadamente las 11:00 a.m., donde se inician los cambios notorios de comportamientos para cada módulo, dejando así el modulo experimental con mejores condiciones internas de índice de confort, pero aun así manteniéndose en todos los casos la denominación de confort “Muy caluroso”, lo que cabe resaltar es que para el modulo experimental nunca llego a valores negativos mostrando mejor comportamiento.

**Ilustración 31. Comparativo para modulo experimental y control con índice de confort con valores de Promedio – Máximos – Mínimos orientación “Este”.**



Para este caso se obtuvo que la hora promedio donde se iniciaba la dispersión de datos de un módulo respecto al otro es 10:00 a.m., dando por resultado mejores condiciones de índice de confort para el modulo experimental en los 3 escenarios evaluados. El resultado en todos los casos fue es “muy calurosa”, pero la unidad “Experimental” el Ic se mantuvo siempre en mejores condiciones con respecto al “Control”, además su temperatura ambiente no supera los 37 °C que serían el valor máximo para mantener un equilibrio térmico con el cuerpo humano.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Los rangos obtenidos otorgan un mejor control de estrés térmico al módulo “Experimental”, además que no se supera la temperatura máxima de trabajo de 37 °C, referenciados en la guía Exposición Laboral a Estrés Térmico por Calor y sus Efectos en la Salud del ministerio de Salud de España.

### **5.2.2 Selección de los 2 días más críticos para orientación (Este/Oeste).**

El objetivo principal de la investigación es como el sistema propuesto varia la temperatura y humedad, cabe resaltar que la variable más representativa al momento de calcular el índice de confort es “Temperatura ambiente interior”, por lo tanto, se definió como parámetro el punto #8 medición para conocer el día más desfavorable.

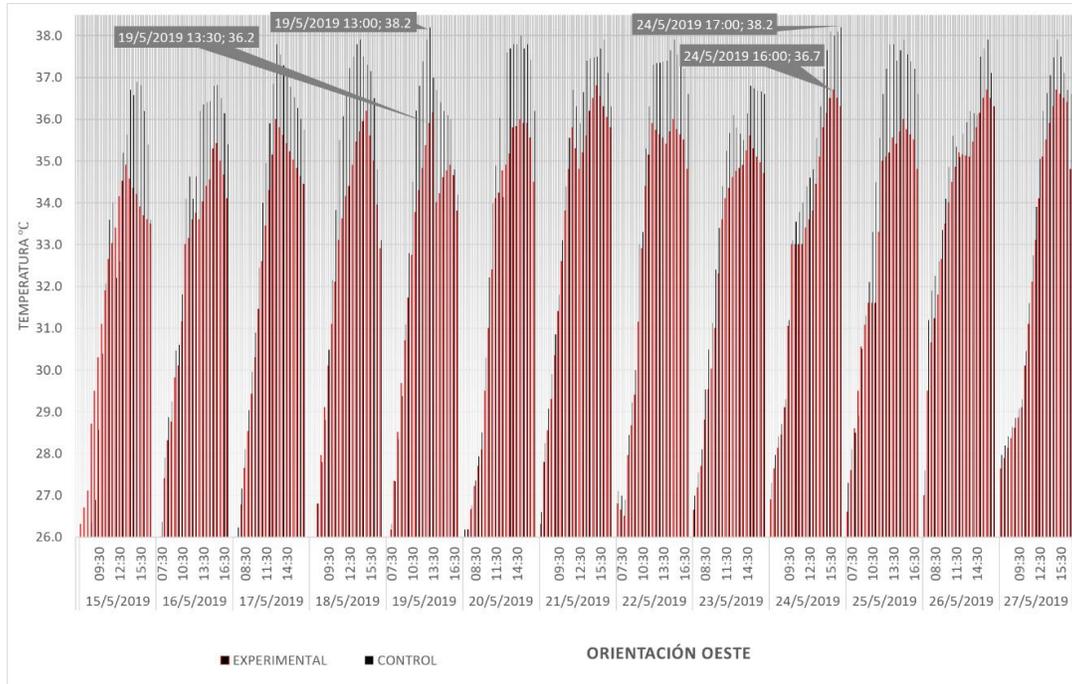
Para la selección se graficó el punto de medición #8 y con los días de mediciones de para cada en orientación “Este” y “Oeste”, los valores tabulados se encuentran detallados en ANEXO 3. Los datos obtenidos en el monitoreo del punto de medición # 8 y categorizados por su condición de orientación bioclimática, los días sobre la gráfica de histórico de medición a lo de 13 días para condición “Oeste” y 10 días para “Este”; las horas de medición en el intervalo de las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. para su eje horizontal, así mismo para el eje vertical el rango de variación de temperatura. La tabulación de todos los datos para el punto de medición #8 se encuentra las siguientes ilustraciones:



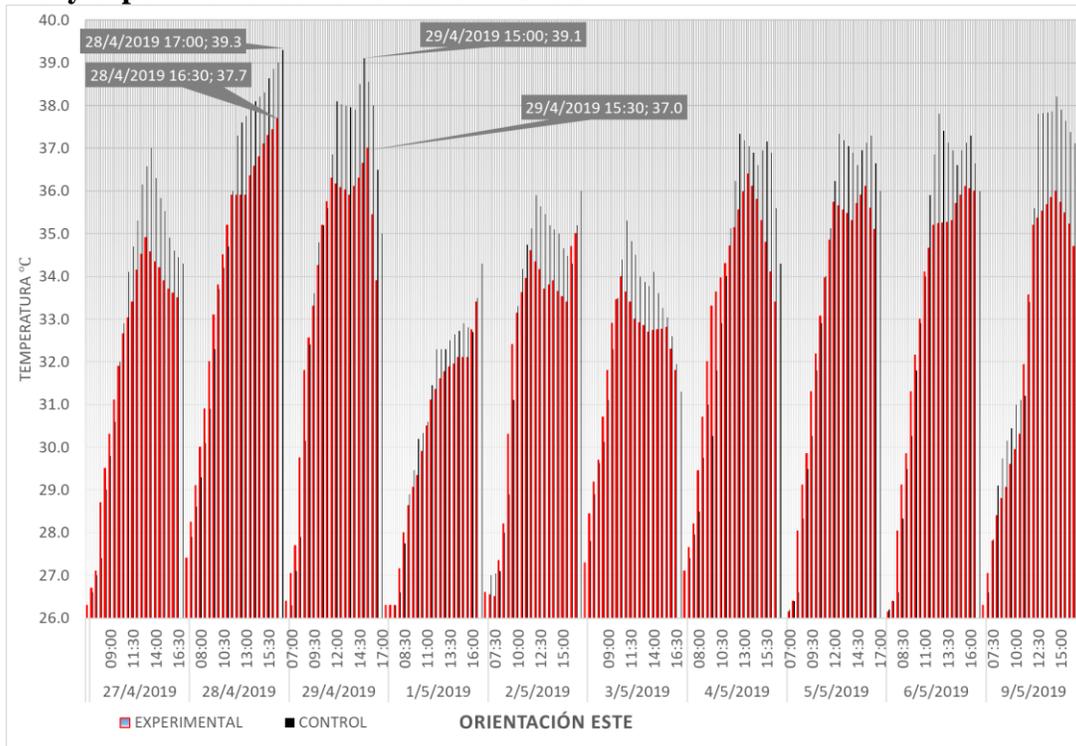
# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Ilustración 32. lecturas por 13 días de temperatura de ambiente interior de modulo control y experimental con orientación “Oeste”.**



**Ilustración 33. lecturas por 10 días de temperatura de ambiente interior de modulo control y experimental con orientación “Oeste”.**





# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Como resultado de los datos agrupados arrojo que los días más críticos, fueron denominados por la temperatura máxima obtenida a lo largo de los 13 días para “Oeste” y 10 días para “Este”, con respecto a la Tabla 7 orientación “Oeste”, el día 24 de abril de 2019 se tuvo como el # 1 de mayores temperaturas ambiente registrada al interior del módulo control y experimental con un valor de 38.2 °C y 36.7 °C respectivamente, así mismo como día # 2 con Orientación “Oeste” el día 19 de mayo de 2019 con 38.6 °C y 36.2 °C.

**Tabla 7. Temperaturas máximas presentadas por día para la orientación bioclimática “Oeste” para ambos módulos.**

N = # Día	FECHA	ORIENTACIÓN	TEMPERATURA MAXIMA	
			EXPERIMENTAL	CONTROL
1	15/5/2019	OESTE	34.9	36.9
2	16/5/2019	OESTE	35.4	36.8
3	17/5/2019	OESTE	36.0	37.8
4	18/5/2019	OESTE	36.2	37.8
5	19/5/2019	OESTE	36.2	38.6
6	20/5/2019	OESTE	36.0	38.0
7	21/5/2019	OESTE	36.8	37.9
8	22/5/2019	OESTE	36.0	37.9
9	23/5/2019	OESTE	35.6	36.8
10	24/5/2019	OESTE	36.7	38.2
11	25/5/2019	OESTE	36.0	37.9
12	26/5/2019	OESTE	36.7	37.9
13	27/5/2019	OESTE	36.7	37.9



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Por otra parte, la orientación “Este” se presentaron más días nublados dejando para la selección solo 10 días, los días excluidos por ser nublados fueron: 30 de abril de 2019, 7 y 8 de mayo de 2019. Así entonces se muestra las temperaturas máximas obtenidas en orientación “Este” Tabla 8.

**Tabla 8. Temperaturas máximas presentadas por día para la orientación bioclimática “Este” para ambos módulos.**

N = #Día	FECHA	ORIENTACIÓN	TEMPERATURA MAXIMA	
			EXPERIMENTAL	CONTROL
1	27/4/2019	ESTE	34.9	37.0
2	28/4/2019	ESTE	37.7	39.3
3	29/4/2019	ESTE	37.0	39.1
4	1/5/2019	ESTE	36.0	37.8
5	2/5/2019	ESTE	34.0	35.3
6	3/5/2019	ESTE	36.4	37.3
7	4/5/2019	ESTE	36.1	37.3
8	5/5/2019	ESTE	36.1	37.8
9	6/5/2019	ESTE	36.0	37.9
10	9/5/2019	ESTE	36.3	38.3



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



De modo que las temperaturas más elevadas se obtuvieron el día 28 de abril de 2019 con un valor de 39.3 °C control y 37.7 °C experimental, continuando cómo #2 para la orientación “Este” el día 29 de abril de 2019 con 39.1 °C y 37.0 °C respectivamente.

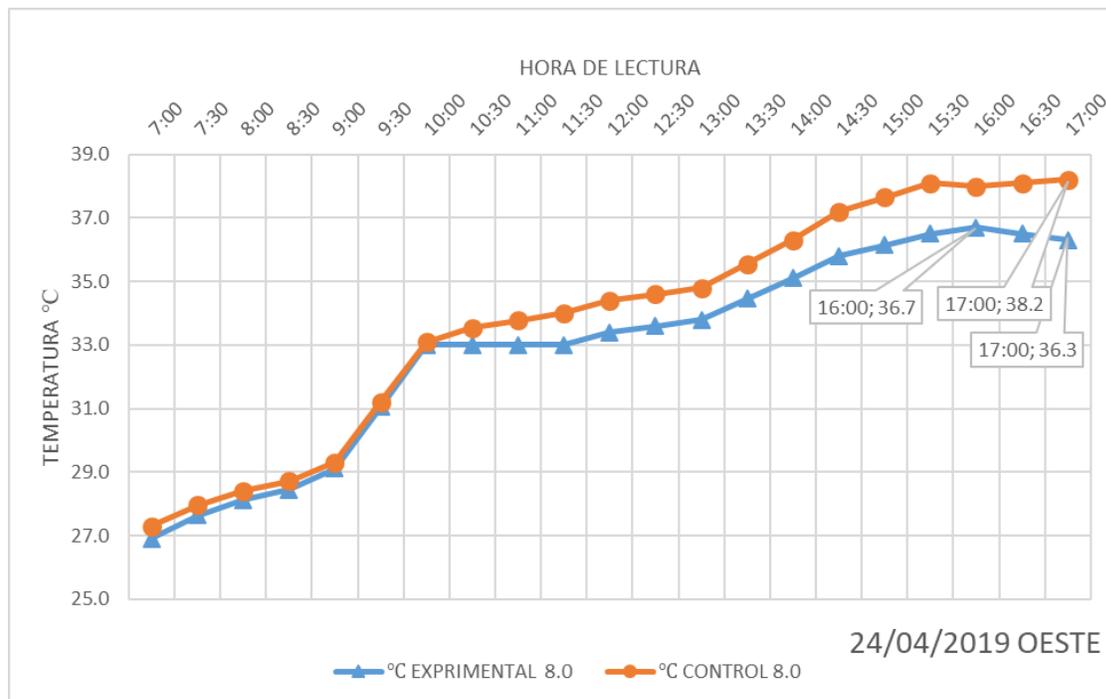
Para conocer que cambios se le otorgan a el sistema de almacenamiento en el módulo experimental se procedió con las temperaturas más críticas, se calculó el Índice de confort de los módulos para cada orientación y así mismo para los valores obtenidos como promedio.

### 5.2.3 Clasificación y análisis por índice de confort de módulos para los días críticos.

La variación que presenta el índice de confort térmico al interior de los módulos, está definida por los valores que presentaron dados en cada unidad; humedad relativa en el punto #7 y temperatura ambiente en el punto #8.

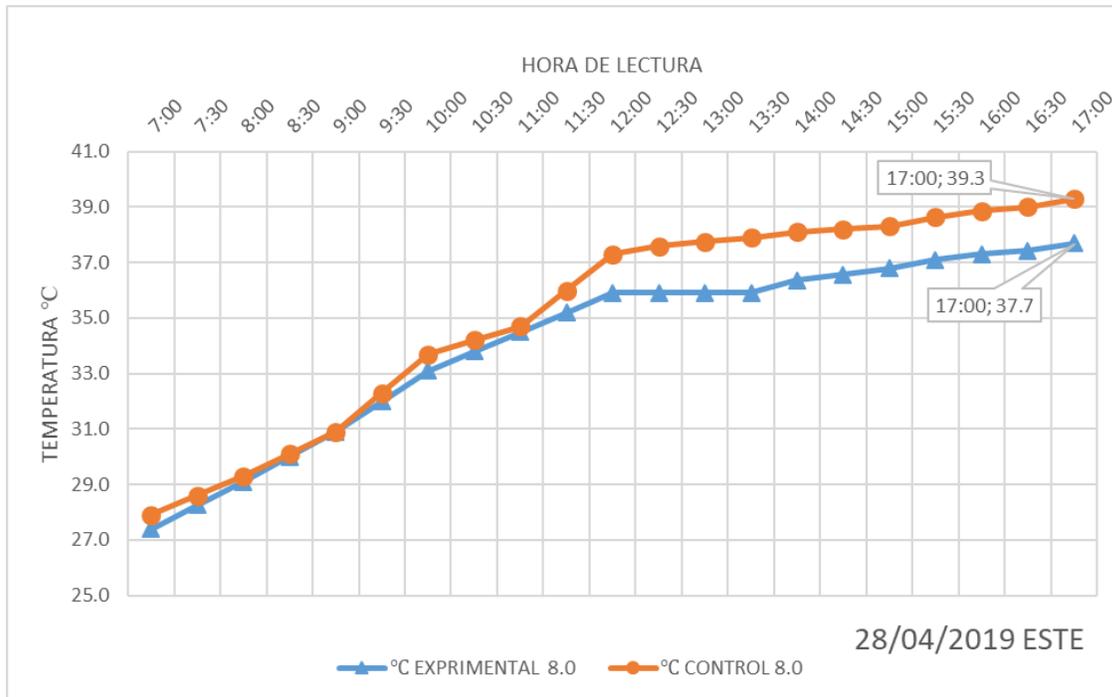
En primer lugar, se analizan las temperaturas internas en los días más críticos, estableciendo un comparativo del módulo “Experimental” con el “Control”.

### 34. Monitoreo de temperatura ambiente interior de punto de medición # 8 día con mayor temperatura orientación Oeste.





**Ilustración 35. Monitoreo de punto de medición # 8 día con mayor temperatura orientación Este.**



Indistinto a la orientación del módulo, el experimental se mantuvo con menores temperatura ambiente al interior a comparación del control, además la posición Oeste permitió recibir en las horas de la tarde la radiación solar sobre el muro con el sistema, cuando ya modulo a su interior estaba cargado con la recepción de la mañana, el sistema generó como resultado una disminución de la temperatura a partir de las 4:00 p.m. El muro cumple la función de aislante térmico al dar un inicio de disminución de temperatura en la decadencia del sol; a las 4:00 p.m. cuando las radiaciones disminuyen su intensidad, pero los muros se mantienen cargados con energía calorífica recibida todo el día, manteniendo la misma temperatura como se vio en el control orientado hacia el Oeste.

Es requerido que para las VIS en zonas de climas cálidos los elementos cumplan con la condición de poca inercia térmica, esto es para evitar que el la energía acumulada se transmita en horas de la noche (Minvivienda, Los Materiales de Construcción en Vivienda de Interés Social, 2011).



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Tabla 9. Resultados de Índice de confort realizado a los días más críticos de cada orientación.**

ORIENTACION	OESTE -	OESTE -	OESTE -	OESTE -	ESTE -	ESTE -	ESTE -	ESTE -
VARIABLE	lc -							
MODULO	EXPRIMENTA	CONTROL	EXPRIMENTA	CONTROL	EXPRIMENTA	CONTROL	EXPRIMENTA	CONTROL
FECHA	24/04/2019	24/04/2019	19/05/2019	19/05/2019	28/04/2019	28/04/2019	29/04/2019	29/04/2019
7:00	0.51	0.49	0.59	0.59	0.49	0.46	0.54	0.55
7:30	0.47	0.46	0.55	0.55	0.44	0.42	0.51	0.50
8:00	0.45	0.43	0.49	0.49	0.40	0.38	0.47	0.46
8:30	0.43	0.42	0.43	0.43	0.35	0.34	0.36	0.34
9:00	0.40	0.38	0.36	0.38	0.30	0.30	0.25	0.22
9:30	0.29	0.28	0.31	0.29	0.24	0.22	0.21	0.15
10:00	0.19	0.18	0.25	0.20	0.18	0.15	0.17	0.09
10:30	0.19	0.16	0.20	0.10	0.14	0.12	0.12	0.07
11:00	0.18	0.14	0.14	0.02	0.10	0.09	0.07	0.05
11:30	0.18	0.13	0.12	-0.02	0.07	0.03	0.04	-0.02
12:00	0.16	0.11	0.09	-0.05	0.03	-0.04	0.01	-0.08
12:30	0.15	0.10	0.06	-0.08	0.03	-0.06	0.02	-0.08
13:00	0.14	0.09	0.03	-0.11	0.03	-0.07	0.02	-0.08
13:30	0.11	0.05	0.02	-0.11	0.03	-0.07	0.03	-0.08
14:00	0.07	0.01	0.13	0.07	0.01	-0.08	0.03	-0.07
14:30	0.04	-0.04	0.12	0.06	0.00	-0.09	0.02	-0.10
15:00	0.02	-0.06	0.10	0.00	-0.02	-0.09	0.01	-0.13
15:30	0.00	-0.08	0.09	-0.01	-0.03	-0.11	-0.01	-0.11
16:00	-0.01	-0.08	0.08	0.02	-0.04	-0.12	-0.03	-0.08
16:30	0.00	-0.08	0.03	0.03	-0.05	-0.13	0.05	0.00
17:00	0.01	-0.09	0.03	0.03	-0.06	-0.15	0.14	0.08

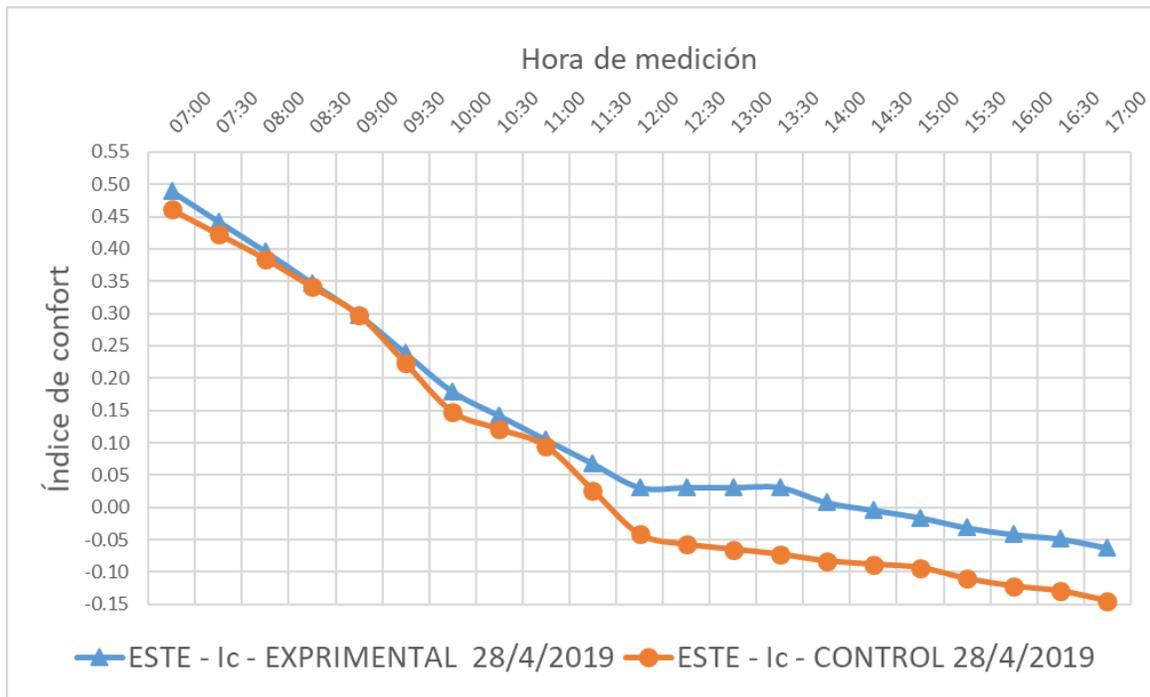
Para los inicios del día nos encontramos en un índice de confort que en su rango se sensación experimentada lo posiciona en “muy calurosa” en cada uno de los días seleccionados, esto se presenta por las temperaturas extremas en las zonas de climas cálidos húmedos. Las condiciones con el aumento de temperatura se acercaron más hacia valores negativo, esto se ve reflejado como déficit de confort al interior para ambos módulos. Para visualizar el comportamiento de confort térmico en cada módulo se presentan graficas de variable fija orientación y como variable para comparación los módulos, para así conocer la diferencia de sensación experimentada entre módulos para un mismo día.



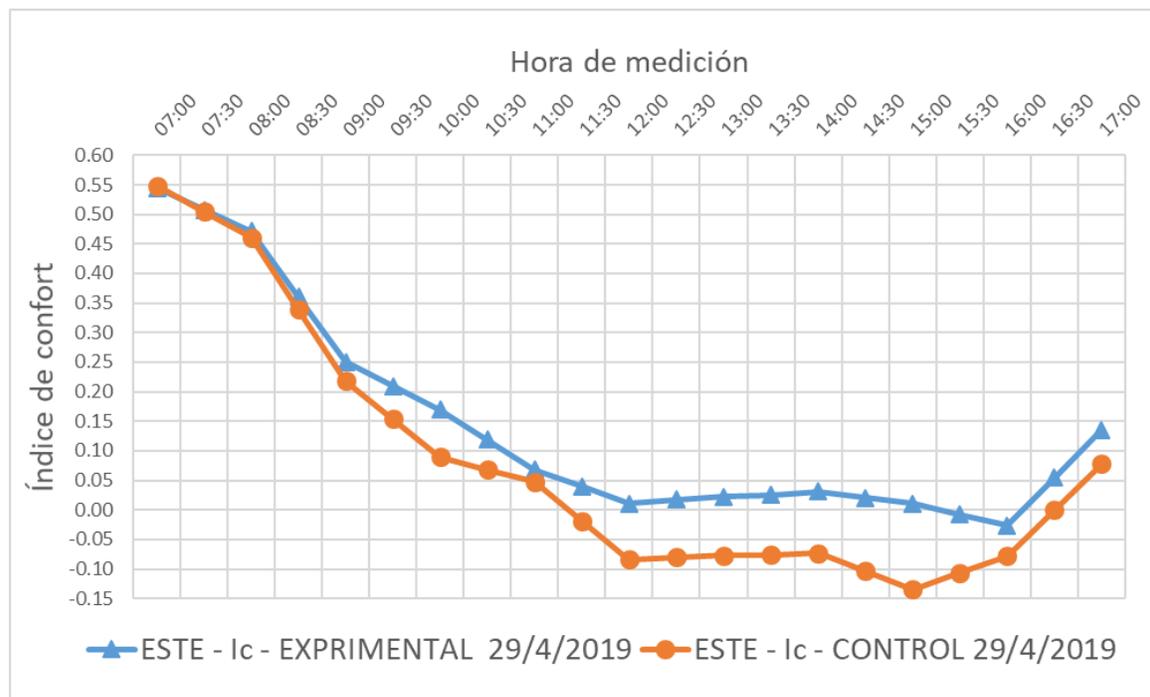
# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Ilustración 36. Grafica de índice de confort para orientación Este 28 de abril 2019.**



**Ilustración 37. Grafica de índice sensación experimentada para orientación Este 29 de abril 2019.**

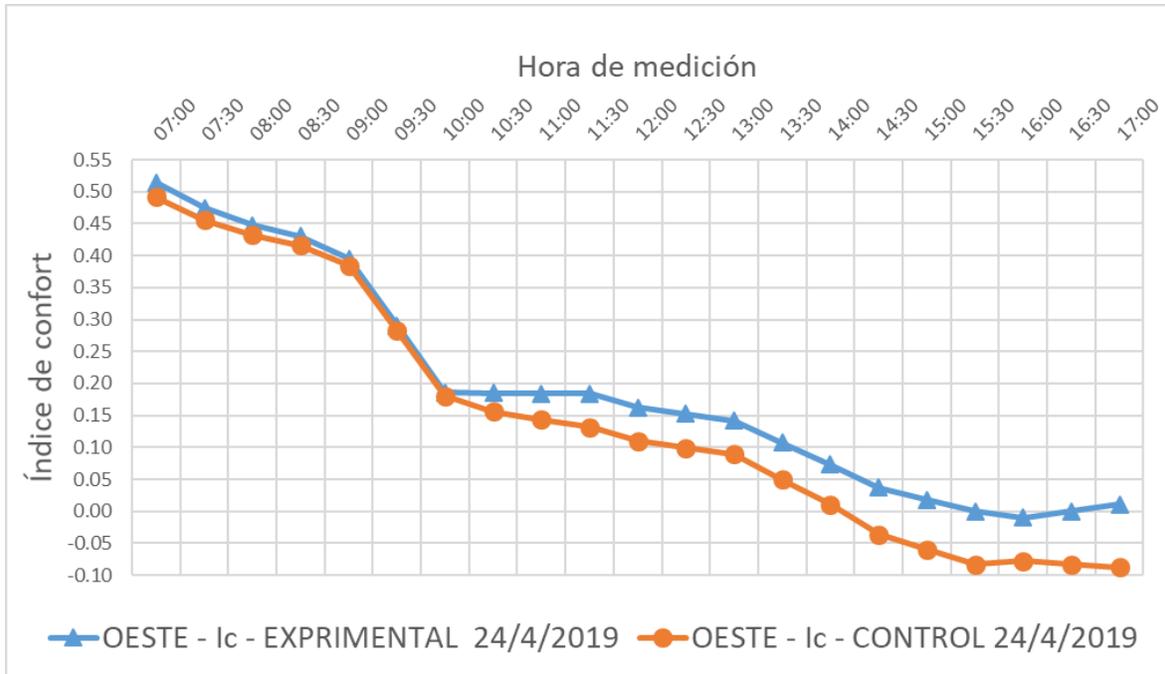




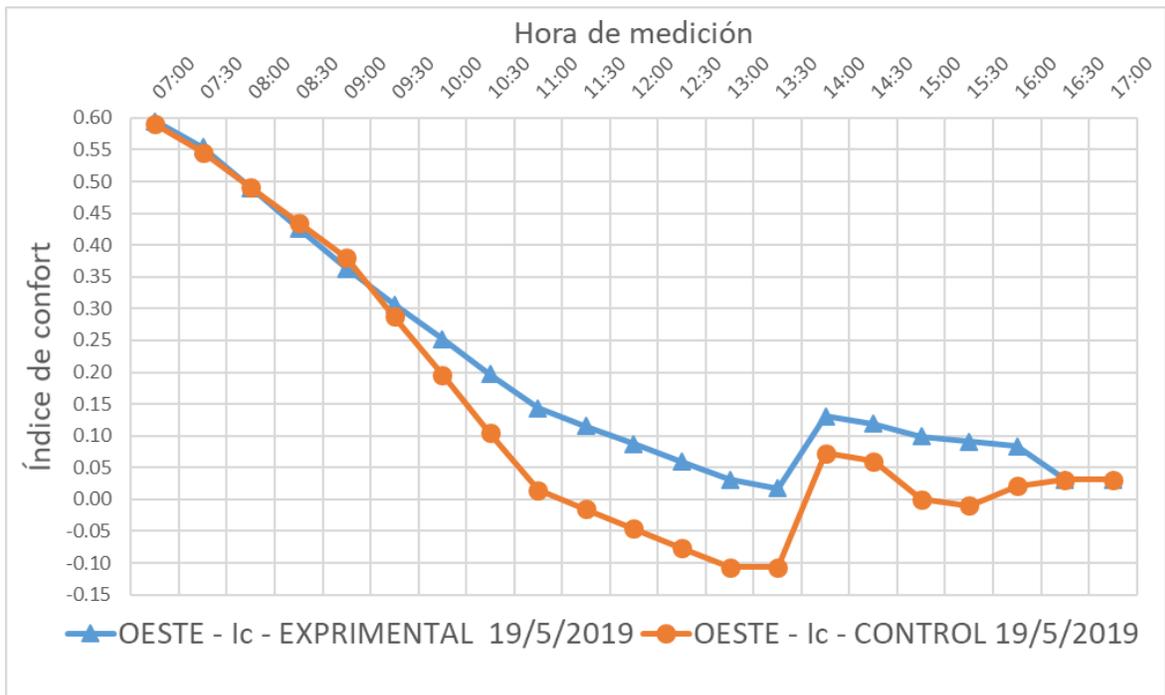
# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Ilustración 38. Grafica de índice sensación experimentada para orientación Oeste 24 de mayo de 2019.**



**Ilustración 39. Grafica de índice sensación experimentada para orientación Oeste 19 de mayo de 2019.**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.

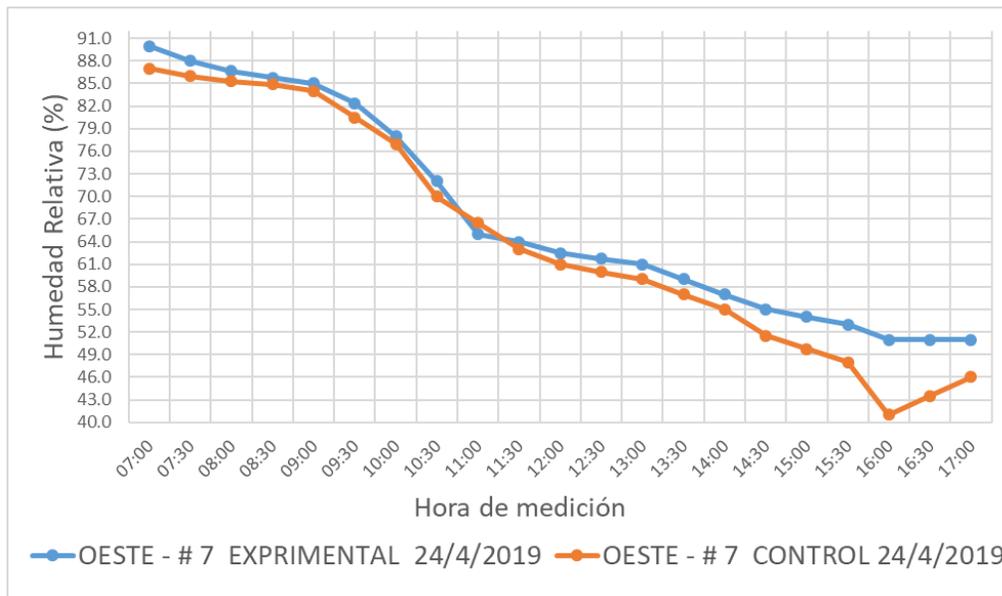


Para todos los días se presentó un comportamiento muy parecido en cuanto a la variación de índice de confort, los módulos comenzaron en los días de mediciones con un valor de índice de confort igual, pero al momento de llegar al rango de aproximadamente las 9:00 a.m. hasta las 11 a.m. cambia el comportamiento del módulo experimental, presentando como resultado un mejor desempeño en el índice de confort, al estar bajo las mismas condiciones externas esta mejoría se le otorgo al Ekomuro.

Se relacionaron las temperaturas obtenidas con los resultados de Evaluación de Cubiertas Verdes como Elemento de Aislamiento Térmico En edificaciones en Clima Tropical, donde se evidenciaron resultados de temperaturas extremas, donde se denominaron los 5 módulos estudiados fuera de un rango de confort óptimo, pero se lograron obtener disminuciones de temperatura ambiente interior en 1.5°C, esta variable directamente proporcional con el confort térmico (Bettín, 2017). Así mismo se puede notar el modulo experimental que al ser comparado en los picos de temperatura máxima en los días críticos, el modulo control mantuvo la temperatura interna por encima con 1.6 °C y 1.9 °C de diferencia.

Al estar definido el índice de confort por la variación de temperatura y humedad, se presentó que el modulo control mantiene la tendencia, pero con menor % de en horas de la tarde, por lo tanto, se muestra el % de humedad del 24 de abril de 2019 día critico de “Oeste”.

**Ilustración 40 Grafica de humedad relativa para orientación Oeste 24 de abril de 2019.**





EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



En la Ilustración 40, el modulo experimental se mantuvo por encima de los valores del módulo control en mayor medida en horas de la tarde, por lo tanto se hizo importante conocer si los porcentajes de humedad relativa del control otorgan mejor índice de confort térmico, por lo que se calculó para cada módulo con su temperatura correspondiente y la humedad en ambos con los resultados de modulo control, para definir como varia el índice de confort con respecto a la humedad.

**Tabla 10. Resultados de Índice de confort para el día más crítico con la humedad de modulo control en ambos.**

OESTE		24/05/2019	24/05/2019	24/05/2019	24/05/2019	24/05/2019	24/05/2019
		EXPRIMENTAL	EXPRIMENTAL	EXPRIMENTAL	CONTROL	CONTROL	CONTROL
PUNTO DE MEDICIÓN		8.0	7.0	Ic	8.0	7.0	Ic
24/05/2019	7:00	26.9	87.0	0.51	27.3	87.0	0.49
	7:30	27.6	86.0	0.47	28.0	86.0	0.46
	8:00	28.1	85.3	0.45	28.4	85.3	0.43
	8:30	28.4	84.9	0.43	28.7	84.9	0.42
	9:00	29.1	84.0	0.39	29.3	84.0	0.38
	9:30	31.1	80.5	0.29	31.2	80.5	0.28
	10:00	33.0	77.0	0.19	33.1	77.0	0.18
	10:30	33.0	70.0	0.18	33.6	70.0	0.16
	11:00	33.0	66.5	0.18	33.8	66.5	0.14
	11:30	33.0	63.0	0.18	34.0	63.0	0.13
	12:00	33.4	61.0	0.16	34.4	61.0	0.11
	12:30	33.6	60.0	0.15	34.6	60.0	0.10
	13:00	33.8	59.0	0.14	34.8	59.0	0.09
	13:30	34.5	57.0	0.11	35.6	57.0	0.05
	14:00	35.1	55.0	0.07	36.3	55.0	0.01
	14:30	35.8	51.5	0.04	37.2	51.5	-0.04
	15:00	36.2	49.8	0.02	37.7	49.8	-0.06
15:30	36.5	48.0	0.00	38.1	48.0	-0.08	
16:00	36.7	41.0	-0.01	38.0	41.0	-0.08	
16:30	36.5	43.5	0.00	38.1	43.5	-0.08	
17:00	36.3	46.0	0.01	38.2	46.0	-0.09	

Debido a los resultados en la Tabla 10, los valores de índice de confort para el modulo experimental no presento variación representativa con respectos a los de la Tabla 9, por lo que podemos decir que para una variación promedio de un día la humedad relativa oscila en 2.7 %, en pocas palabras es suficiente para generar un cambio al índice de confort, se descartó que sea negativo para el sistema de almacenamiento sobre la unidad experimental.



#### **5.2.4 Análisis de comportamiento de temperatura y radiación en muros de los módulos.**

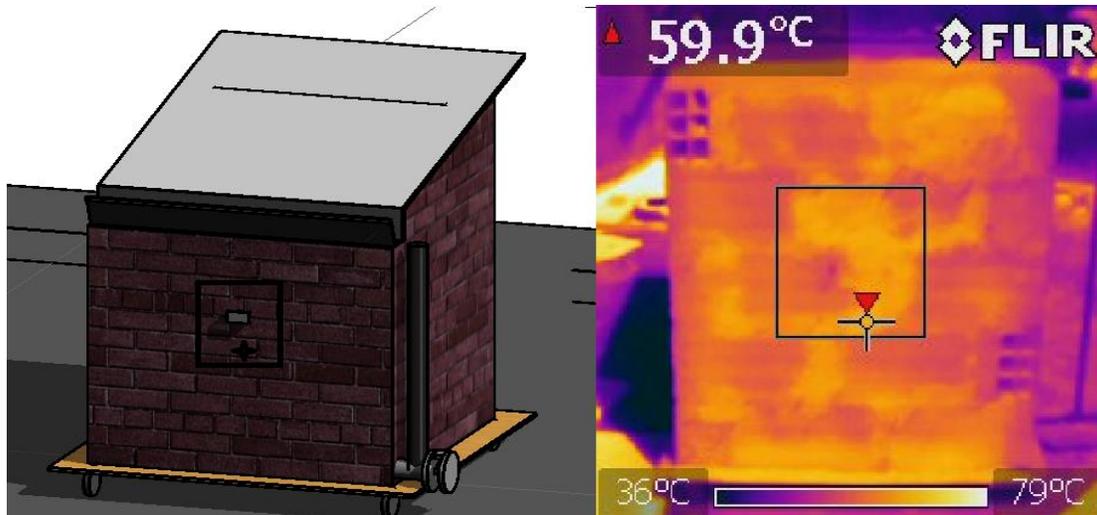
Se analizó como varia el comportamiento de los módulos por el uso del Ekomuro, esto se dio mediante la utilización de las mediciones de temperatura del material; Termómetro Digital Infrarrojo-Pistola Laser Gm320, Temperatura radiante en fotografía térmica; Cámara infrarroja Flir-tg165, Temperatura ambiente interior; Termómetro higrómetro digital de temperatura y humedad – T318. Finalmente, para complementar el análisis de comportamientos se estudió como el voladizo contribuía a la disminución de temperatura, esto se logró al igualar el voladizo de la cubierta experimental el cual no tenía sobre el muro analizado, Logrando una igualdad de condiciones para el grupo de emparejamiento.

Primero se realizó un comparativo de los módulos con respecto a la temperatura a la cual se encontraba el material, para los días 9 y 10 de julio de 2019 entre las 10:00 a.m. y las 12:00 m. hora de recepción directa sobre la pared que se estaba analizando, al encontrarse los módulos orientados hacia el “Este.

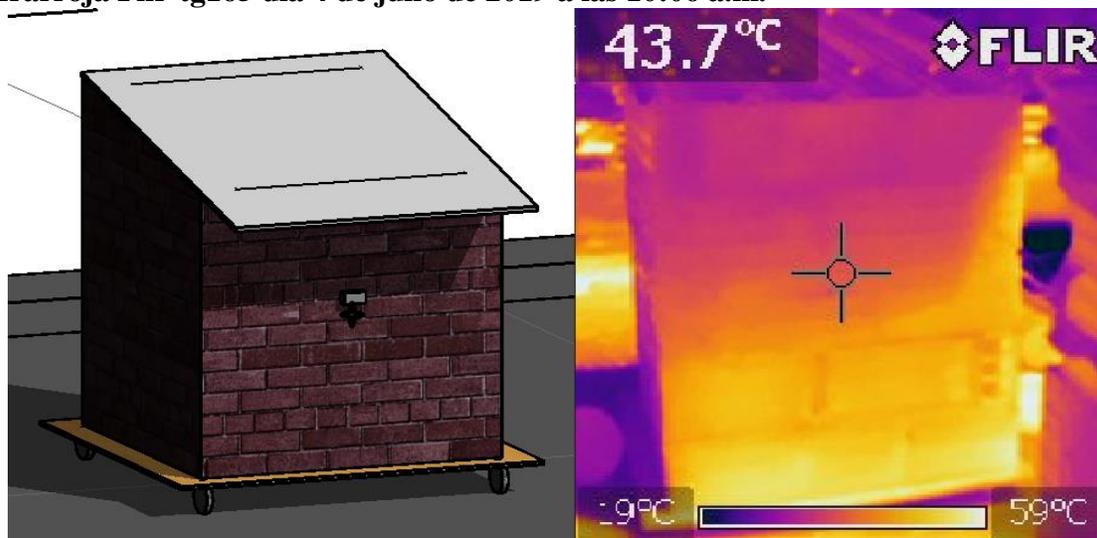
Se revisó la variación de los módulos en cuanto a radiación emitida por el elemento donde se encuentra el sistema de almacenamiento, para una visión general del comportamiento térmico de cada uno de los módulos en condición de orientación “Este”.



**Ilustración 41. Termografías de módulo experimental en punto # 9 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:06 a.m.**



**Ilustración 42. Termografía de módulo control en punto # 9 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:06 a.m.**





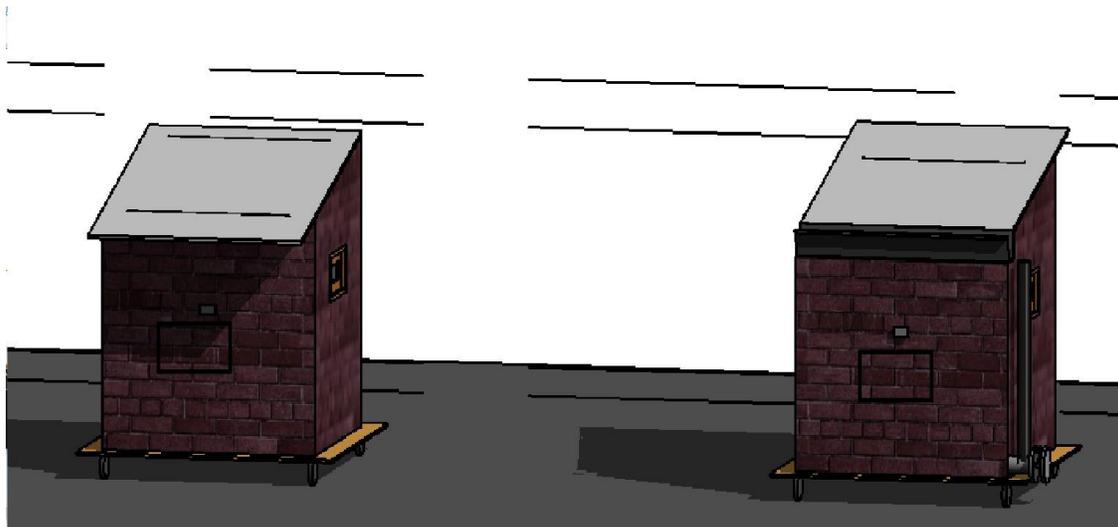
## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Hay que hacer notar que para la termografía se puede observar como la radiación calorífica es mayor en el módulo experimental, con una diferencia de temperatura en el punto central de la imagen de 15.7 °C, así mismo se tomó la temperatura del material el punto #9. En particular la unidad experimental presento 51.5 °C y para el módulo control 42.8 °C. Hay que tener en cuenta que la unidad habitacional donde está Ekomuro no cuenta con el voladizo de la cubierta, la ubicación inicial de canaleta para recolección de aguas lluvias no permitió tener voladizo sobre el muro.

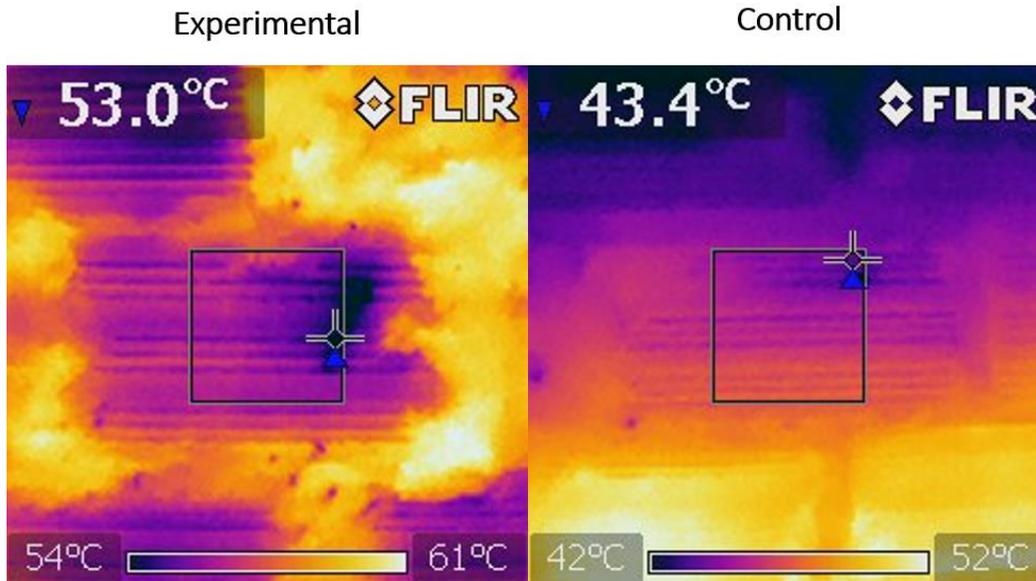
Se realizaron medidas termografica de rangos máximos y mínimos. Primero al ladrillo de cada unidad del punto de medición #9 identificado en Ilustración 43: temperatura mínimas en el área que demarca el equipo captada como se muestra a continuación en Ilustración 44.

**Ilustración 43. Ladrillo analizado con cámara termografía en cada módulo con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.**





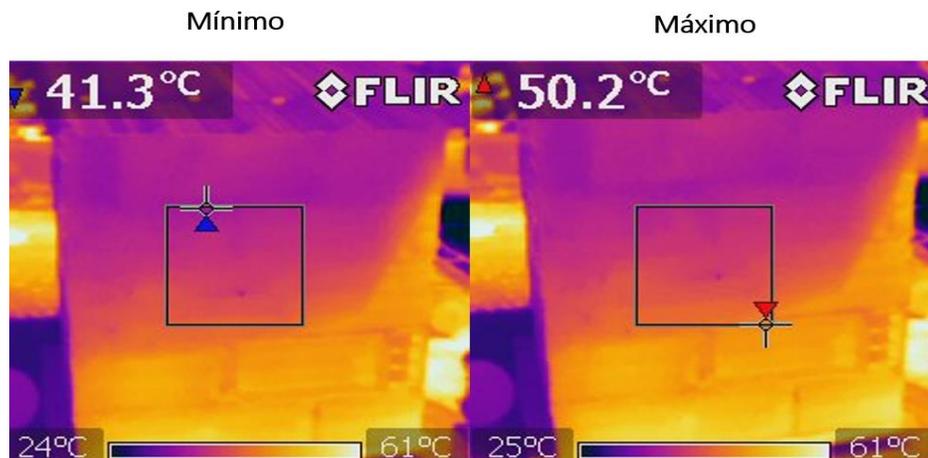
**Ilustración 44. Termografías de ladrillos temperatura mínima en módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.**



Se trata detalladamente uno de los ladrillos en cada módulo, este ladrillo estaba situado en la segunda hilada de mampostería, la variación presento una diferencia de temperatura de 10.4 °C. Por los valores arrojados de las termografías de Ilustración 44.

Se procedió a un análisis de máximos y mínimos sobre el modulo “Control” para conocer el beneficio sobre el modulo “Control” por contar con un alero de la cubierta.

**Ilustración 45. Termografía de máximo y mínimo muro control tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.**



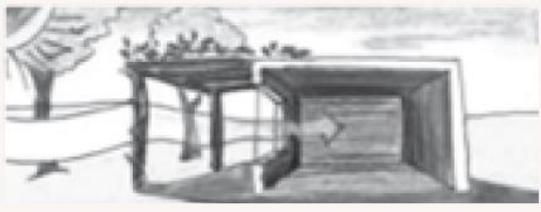


## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



El comportamiento que genera el voladizo al evitar la recepción directa los rayos solares, muestra control de la temperatura en el elemento a medida que evita la radiación llegue directamente, dando como resultado una disminución de la temperatura de 8.9 °C en el área donde no está recibiendo radiación solar la envolvente. Esto demuestra que las recomendaciones por el Ministerio de Vivienda en Los Materiales de la Construcción dadas para las VIS en climas cálidos, las sombras externas; contrarrestan la acción de la radiación directa sobre las edificaciones.

### **Ilustración 46. Recomendaciones de cubiertas para control solar en VIS (Minvivienda, Los Materiales de Construcción en Vivienda de Interés Social, 2011).**

	<ul style="list-style-type: none"><li>• CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. Sombra interna; impide el ingreso directo de la radiación solar al interior de las edificaciones y evita así la elevación de la temperatura.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• CLIMA CÁLIDO SECO Sombra externa con vegetación; contrarresta la acción de la radiación solar directa sobre las edificaciones, e impide los aumentos de la temperatura ambiental interna.</li></ul>

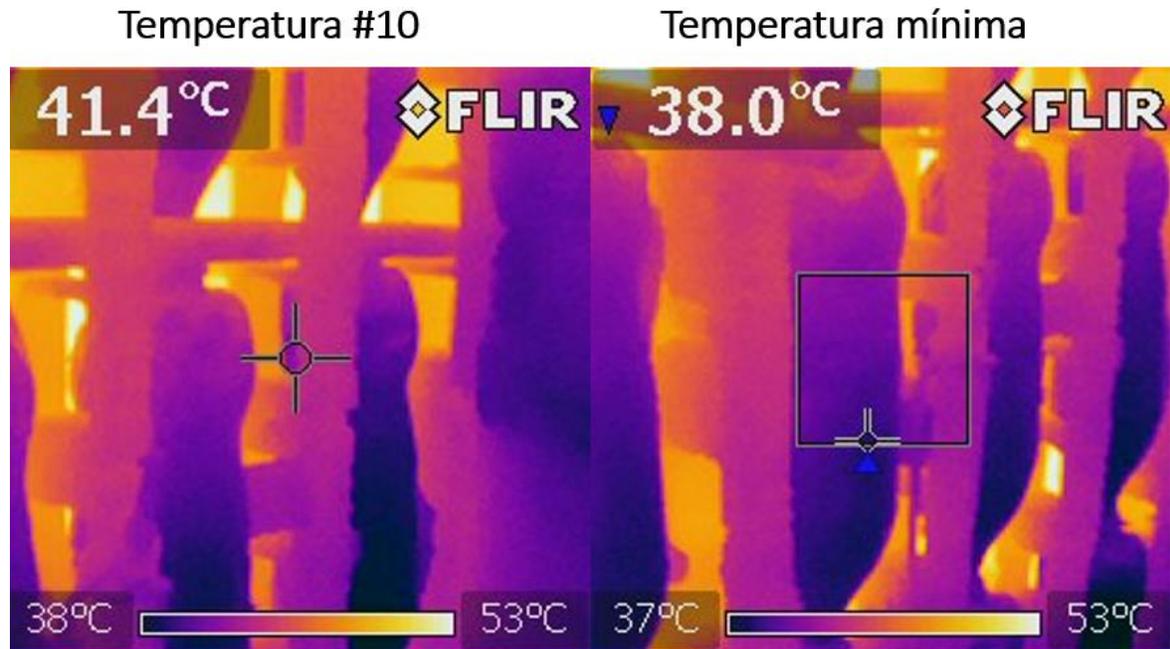
Ahora bien, los elementos de su zona interna tienen un comportamiento especial de acuerdo a las características de cada unidad habitacional la referencia de la termografía en Ilustración 48; Medida de máximo y mínimo al interior del experimental. Para complementar el análisis se obtuvo del punto de medición #10; Temperatura de material al interior, también en el punto #8; temperatura ambiente.



**Ilustración 47. Zona analizada con termografía modulo experimental Temperatura punto de medición #8 y mínima en el área con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.**



**Ilustración 48. Termografía de muro experimental en punto # 10 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.**





# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



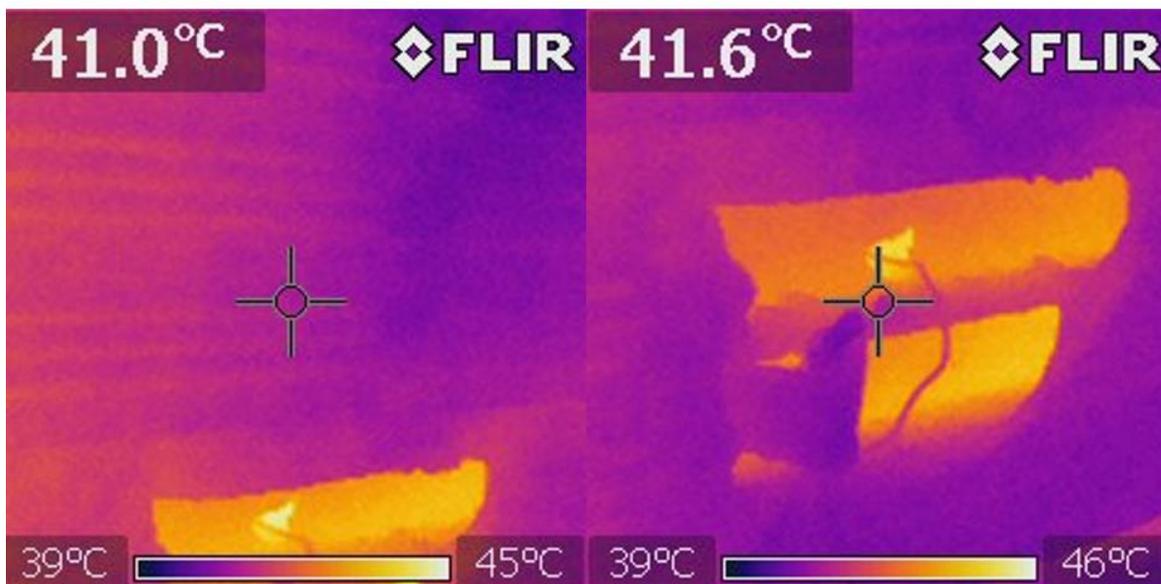
Los resultados de la termografía en la temperatura conservada por las botellas, el valor de la temperatura es de 38.0°C y el ladrillo donde se encuentra embebido 41.4°C, la medida tomada en el material sobre el punto #10 tuvo una temperatura de 38.2°C, finalmente la temperatura ambiente obtenida por el punto de medición #8 con de 34.7°C, estos valores son de vital importancia para la comparación con la termografía de modulo control presentado a continuación.

**Ilustración 49. Zona de referencia (foto-7:00 a.m.) analizada con termografía ladrillo y punto #8 con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.**



**Ilustración 50. Termografía de muro control en punto #10 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 4 de julio de 2019 a las 10:23 a.m.**

Temperatura #10





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.

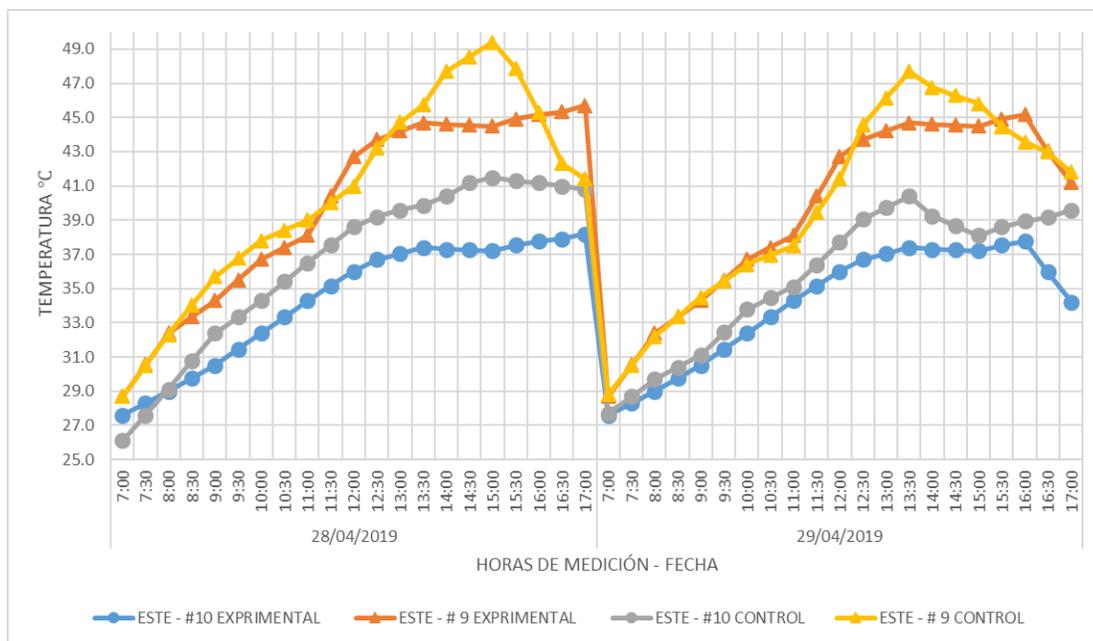


Para el caso del módulo control las radiaciones termograficas arrojaron valores cercanos al experimental, pero las botellas del sistema mantuvieron en inferior al material de la envolvente, los valores de la termografia control 41.0°C y 41.6°C, pero para el caso del ladrillo muy cercanas a las del módulo experimental. Por un lado, se obtuvo como resultado para el comportamiento del muro en el punto de medición #10 la temperatura fue 36.9°C, este valor se encuentra por debajo del que se presentó en el módulo experimental que fue de 38.2°C. La variable principal para definir el índice de confort es la temperatura de ambiente interior, hay que destacar que se encontró 35.4 °C con un valor superior al experimental en 0.7°C.

Para este caso se puede notar como la diferencia de temperatura en el ambiente al interior de las unidades es favorable para el modulo experimental, a pesar de que el modulo control tenga un elemento de control solar sobre el muro analizado.

Para complementar se observó el comportamiento del material a lo largo del día en cada condición de orientación, en la selección de los dos días más críticos se graficó la temperatura del material, comportamiento del material en la zona exterior e interior a lo largo del día.

**Ilustración 51. Temperatura del material para los dos días más críticos sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medicion#10 y # 9 en orientación Este.**





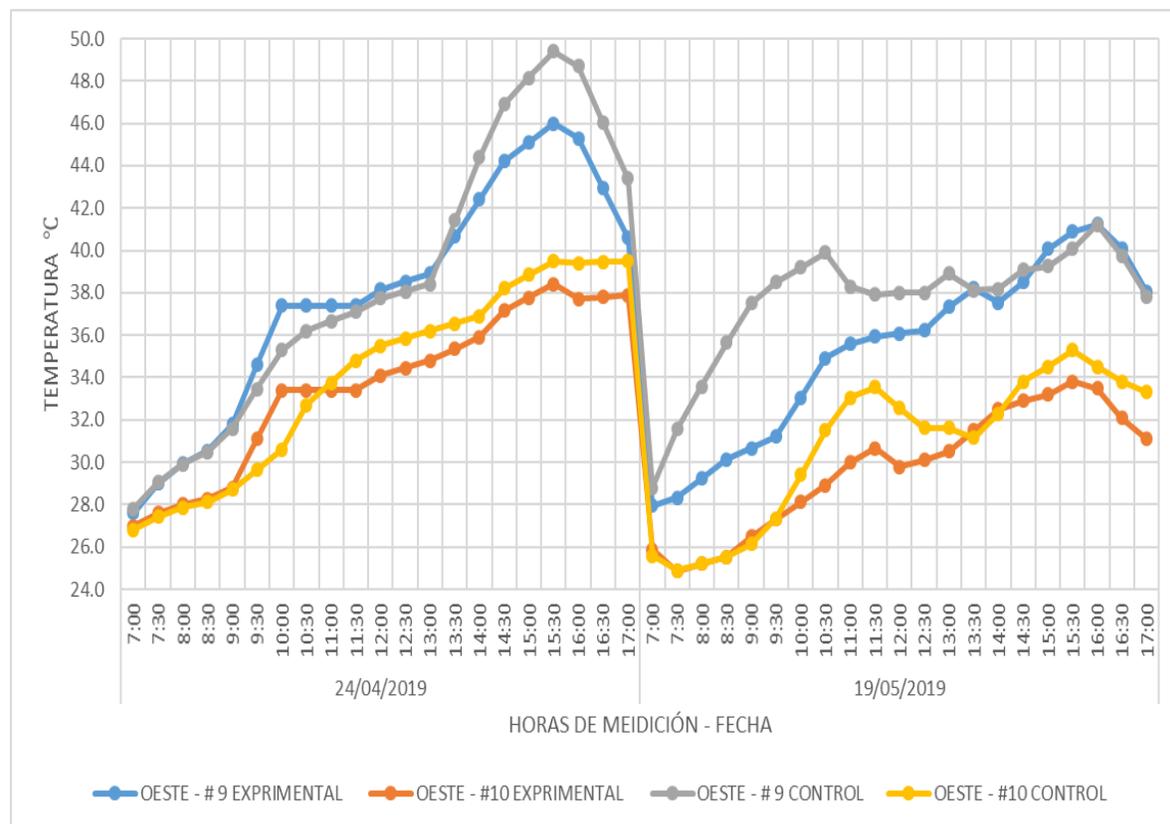
# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Las temperaturas representadas en la Ilustración 51 entre las 11:00 a.m. y 1:00 p.m. coinciden con las horas en las que se tomaron en la termografía del 4 de julio de 2019, mostrando así que la temperatura del módulo experimental supera la del control en el punto # 9, por causa que a las 11:00 a.m. el muro comienza a recibir sombra por el voladizo de la cubierta, pero al interior el comportamiento siempre se mantiene el módulo experimental por debajo el punto #10 en ambos días.

Así mismo el comportamiento del material en la condición de orientación bioclimática Oeste, se mantuvo en la mayoría del monitoreo el experimental por debajo del control en el punto de medición # 10 temperatura del material al interior.

**Ilustración 52. Temperatura del material para los dos días más críticos sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medición #10 y # 9 en orientación “Oeste”.**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.

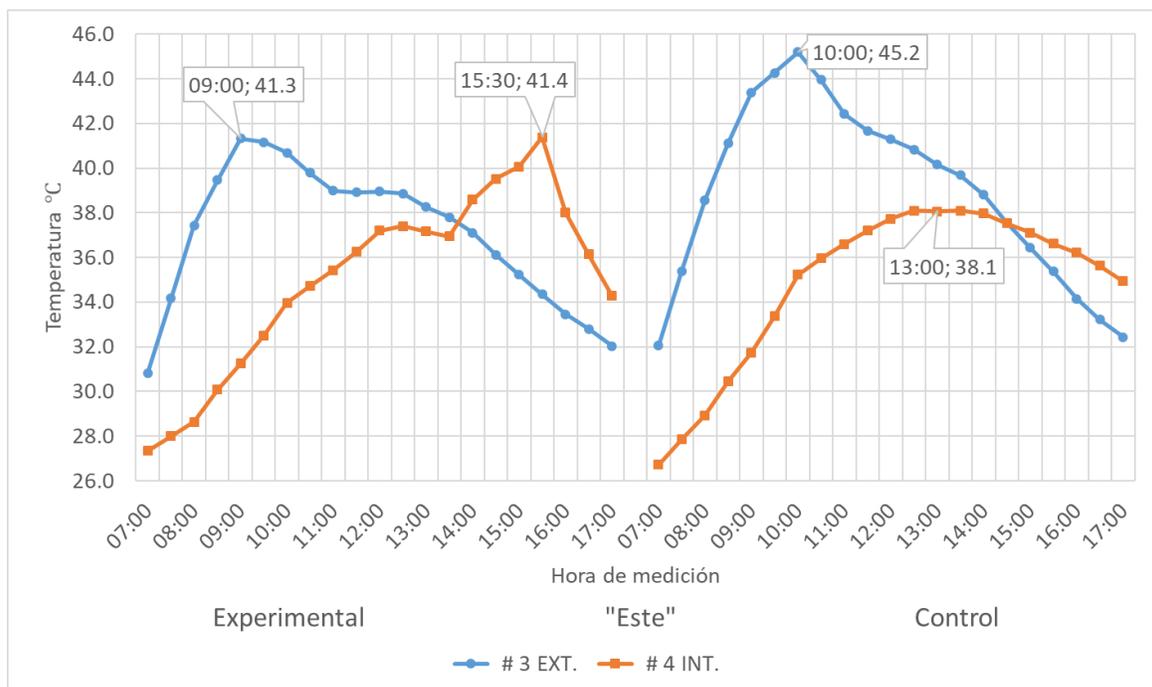


Para la orientación Oeste las temperaturas internas del experimental fueron igual o por debajo en de la que presento el control el material al interior, así mismo la temperatura en la zona externa cuando no se estaba recibiendo radiación solar se mantuvo cerca de la temperatura del control, el módulo experimental conservo mejores condiciones de temperatura.

También fueron evaluados los muros opuestos a los del sistema propuesto por promedio de medidas por orientación, la referencia de orientación es opuesta en cuanto a la recepción solar y el voladizo:

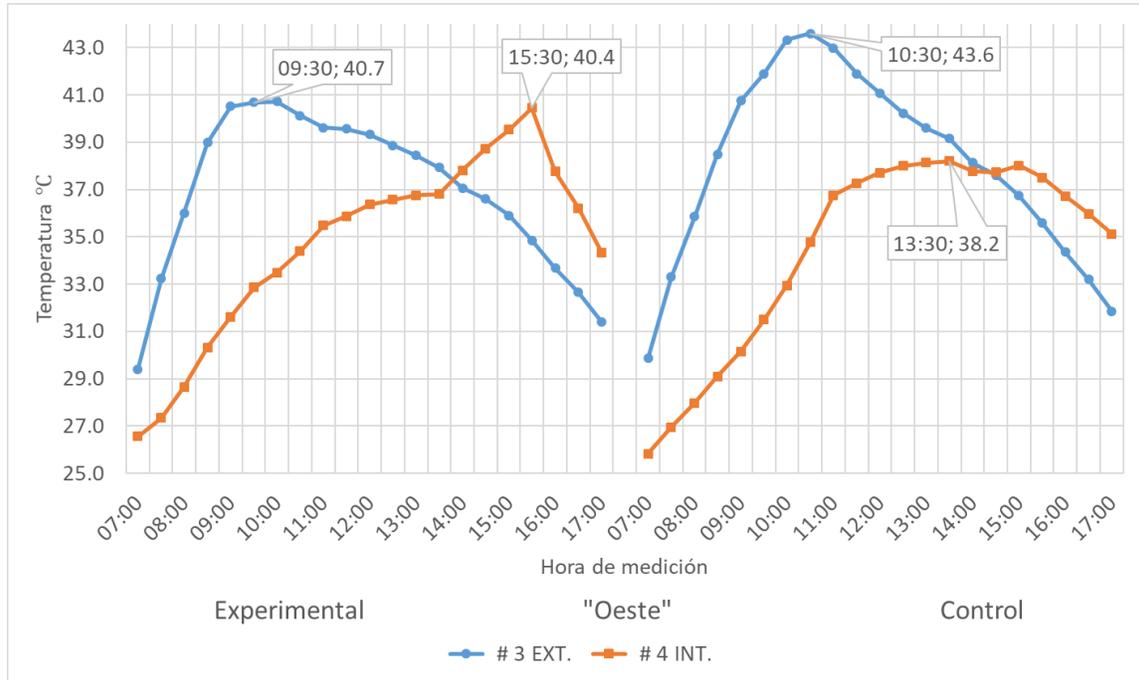
- Para la orientación Este se tenía recepción en las horas de la tarde sobre el punto de medición #3 y 4# (Experimental cuenta con voladizo de cubierta; control solar de 12:00 m. a 1:30 p.m.).
- Para la orientación Oeste se tenía recepción en las horas de la tarde sobre el punto de medición #3 y 4# (Experimental cuenta con voladizo de cubierta; control solar de 10:30 a.m. a 12:00 m.).

**Ilustración 53. Temperatura promedio del material para orientación Este sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medición #3 y #4.**





**Ilustración 54. Temperatura promedio del material para orientación Oeste sobre módulos en el interior y exterior definidos por el punto de medición #3 y #4.**



Se continuaron denominando con el mismo nombre en cuanto a la orientación, para distinguir que se están usando los mismos datos tomados en esos días. Así los resultados para ambos casos tuvieron un comportamiento parecido, con mejor control de temperatura interna sobre el material al interior en el módulo experimental hasta las 2:00 p.m., donde se posiciona el modulo control con menores temperaturas al interior hasta las 5:00 p.m.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Se realizó el cálculo de la desviación estándar presentada en Tabla 11, se observó que las desviaciones estándar en las medidas al interior del experimental fue alta, valdría la pena analizar un módulo con el sistema Ekomuro los muros orientados hacia el Este y Oeste al mismo tiempo.

**Tabla 11. Desviaciones estándar de promedio de temperaturas de material en el punto de medición #3 y #4 en modulo experimental y control para las orientaciones “Este” y “Oeste”.**

Descripción de medida	Punto de medición	Valor (+ o -)
1.Desviación estándar de promedio orientación Oeste en modulo experimental.	#3	1.6 °C
	#4	3.8 °C
2.Desviación estándar de promedio orientación Oeste en modulo control.	#3	1.2 °C
	#4	0.4 °C
3.Desviación estándar de promedio orientación Este en modulo experimental.	#3	1.4 °C
	#4	4.4 °C
4.Desviación estándar de promedio orientación Este en modulo control.	#3	1.6 °C
	#4	0.6 °C

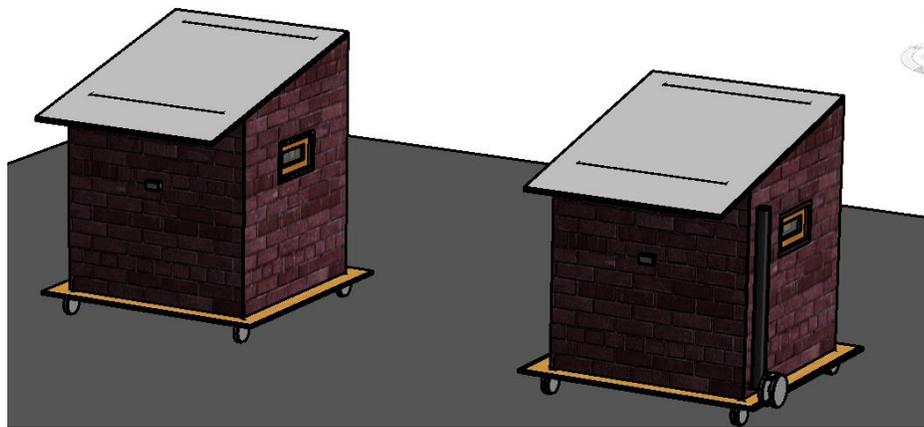


# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Finalmente se realizó la evaluación de los módulos bajo las mismas condiciones de cubierta, se analizó la temperatura del material, Temperatura radiante (termografía), temperatura ambiente interior y humedad relativa, las últimas mediciones se hicieron ambos módulos el 10 de julio de 2019. En las medidas anteriores el módulo experimental no contaba con voladizo de cubierta, donde los aleros de cubierta regulan un valor aproximado de la temperatura superficial de 8°C que se ve reflejado en las condiciones internas del módulo.

**Ilustración 55. Termografía para módulos con voladizo igualado Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:18 a.m.**



**Ilustración 56. Termografías de módulos en punto #9 tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:18 a.m.**





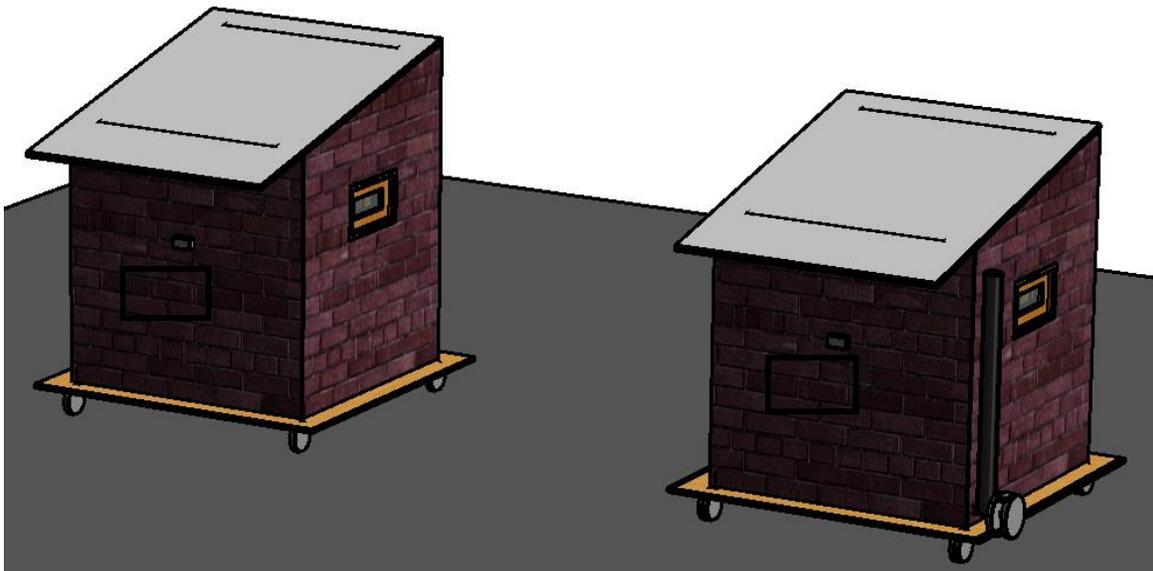
## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



En el caso de la Ilustración 56 se aproximaron mucho las temperaturas radiantes con una diferencia de  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , donde el módulo experimental por encima del control, de igual manera los valores obtenidos por el punto de medición #9 en este caso el módulo experimental presento  $36.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en el control  $36.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vale la pena decir que la temperatura en el módulo experimental gracias al voladizo disminuyo y se mantuvo por debajo en  $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  de la que presento el control, y la temperaturas ambiente interior por la medición en el punto #8 Experimental =  $39.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  y Control =  $42.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

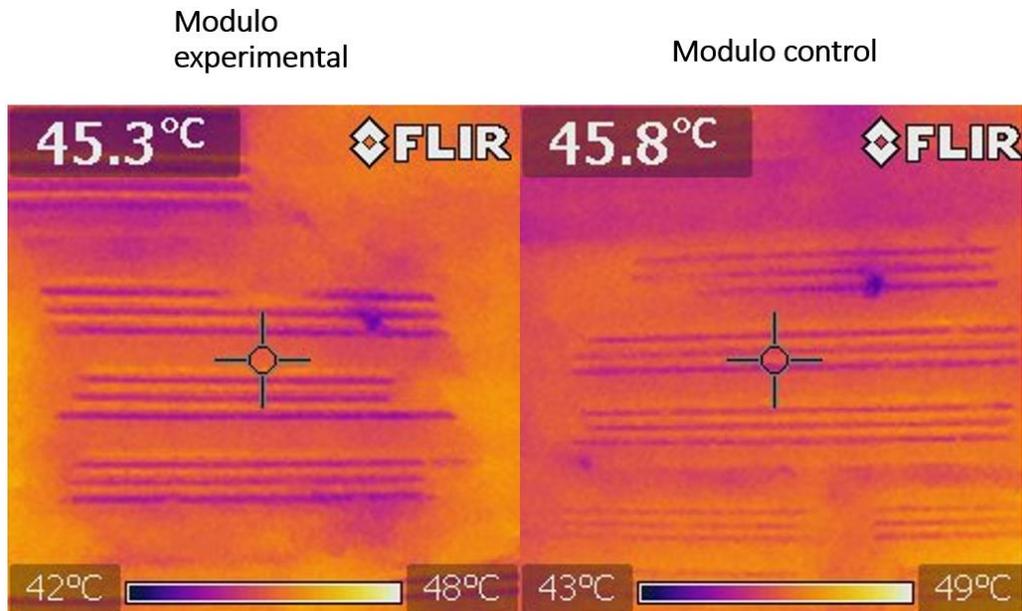
Al momento de llevar los 2 módulos bajo las mismas condiciones de cubierta y orientación, así mismo se analizó el material con una termografía en el mismo ladrillo de la Ilustración 44.

**Ilustración 57. Ladrillo analizado con cámara termografía en cada módulo con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:18 a.m.**





**Ilustración 58. Termografías de ladrillos en módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 11:20 a.m.**



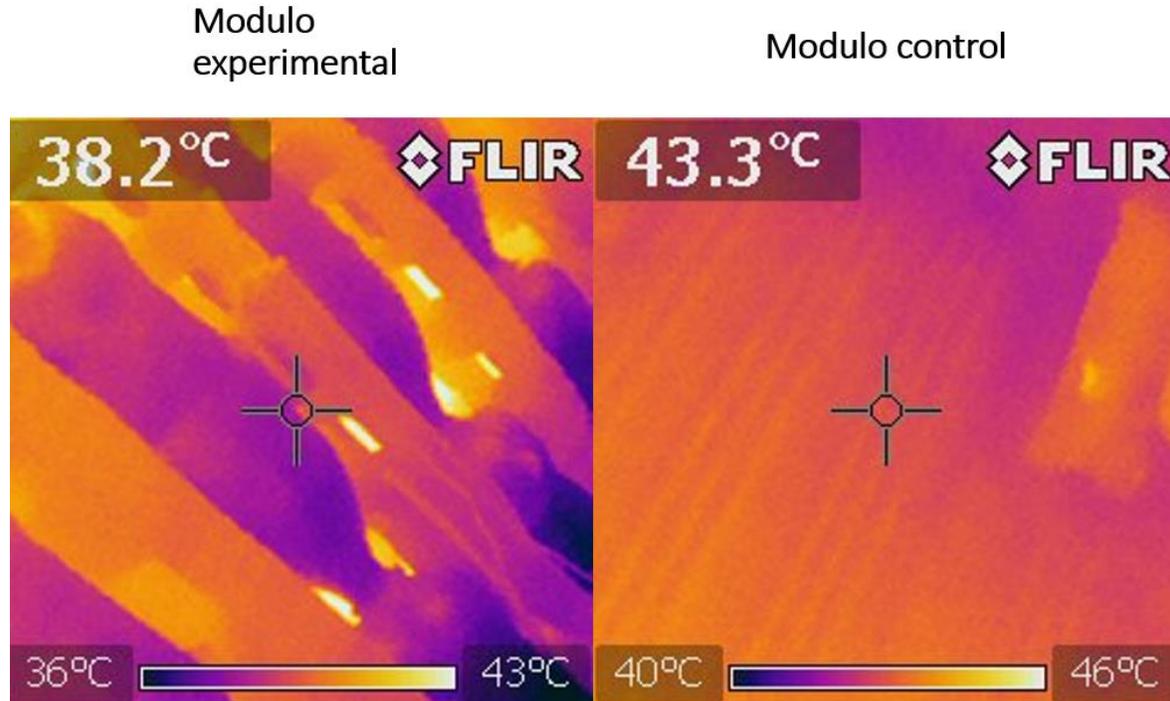
Como se puede apreciar en la Ilustración 58 el módulo experimental en el centro del ladrillo experimenta una temperatura inferior por 0.5 °C en comparación con el del control, así mismo se evaluó la temperatura con la pistola laser en el mismo punto, dando como resultado una diferencia de temperatura a favor del módulo experimental en 0.9 °C.

**Ilustración 59. Zona de referencia (foto-7:00 a.m.) captura termografica en interior de módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.**





**Ilustración 60. Termografía en interior de módulos tomadas con Cámara infrarroja Flir-tg165 día 10 de julio de 2019 a las 10:12 a.m.**



Al momento de ser tomada la fotografía se presentó interferencia entre las botellas que componen el módulo experimental, esto genera un valor de temperatura en el punto central menor, por lo que se revisó la temperatura del material directamente con la pistola laser, las temperaturas se compararon internamente en esta nueva condición en los puntos de medición # 8 y # 10, la diferencia de temperatura presentando en la termografía fue de 38.2 °C en el módulo experimental estando por debajo del control con una temperatura de 5.1 °C; este valor es otorgado a la temperatura del tanque de almacenamiento. El comportamiento del material y el ambiente para modulo experimental en ambos casos fue a su favor, dando como resultado 0.9 °C en el material y el ambiente 3.2 °C.

Dadas las recomendaciones por los sistemas de control solar definidos por la Guía de Materiales para las VIS, se utilizaron para conocer la su efectividad en conjunto con el sistema de almacenamiento propuesto, se calculó el índice de confort con esta condición de igualdad, se presentan los resultados a continuación en Tabla 12.



**Tabla 12 Resultados de cálculo de índice de confort térmico con variación en el voladizo del módulo experimental.**

INDICE DE CONFORT VARIACION VOLADIZO		EXPRIMENTAL	EXPRIMENTAL	EXPRIMENTAL	CONTROL	CONTROL	CONTROL
		8.0	7.0	Ic	8.0	7.0	Ic
4/07/2019	11:00 a. m.	34.7	54.9	0.09	35.4	50.8	0.06
10/07/2019	11:00 a. m.	39.3	62.0	-0.15	42.5	58.0	-0.31

De acuerdo a los resultados obtenidos se evaluó el módulo como se comportaba en el caso de tener un voladizo que le otorga reducción de exposición solar del muro estudiado, así entonces se obtuvo que el índice de confort paso de tener una diferencia de 0.03 unidades a 0.15, lo cual muestra una diferencia notoria gracias a la acción del voladizo sobre el muro que contiene el sistema de almacenamiento.

Las condiciones presentadas en los climas tropicales húmedos se posicionan en las escalas de confort térmico inexistentes o pésimas, debido a las altas temperaturas que se presentan. Los módulos analizados en la ciudad de Cartagena en los que se utilizaron cubiertas verdes se obtuvieron disminuciones de temperatura ambiente de 2.39 °C en el día más caluroso (Bettín, 2017). Los valores obtenidos de disminución de temperatura en este proyecto con la implementación del Ekomuro H2O fue de 3.2 °C en ambiente interior, el rango de denominación de confort térmico estaba posicionado como muy caluroso, pero se puede decir, por la utilización de elementos pasivos adicionales a el propuesto en esta investigación, se podrían mejorar las condiciones internas en unidades habitacionales en zona tropicales.



## 6. LINEAMIENTOS

En busca de sistemas de enfriamientos pasivos y amigables con el medio ambiente, se dan los siguientes lineamientos para el uso del sistema de almacenamiento desarrollado por este proyecto, así en primer lugar definir el área de trabajo, tomando los muros de fachadas para la implementación del sistema, se puede instalar el sistema sobre vanos de puertas y ventanas por su facilidad de conexión, lo que permite una distribución completa sobre la envolvente.

1. Análisis de orientación bioclimática del proyecto en fases de diseño para la implementación del Ekomuro para zonas orientadas hacia el “Este” y “Oeste”, debido a que son los elementos sometidos a mayores cargas de radiación solar.
2. Revisión en fase de diseño instalaciones previstas para los elementos donde se va implementar el sistema, para así evitar retrasos e interferencia de conexiones de otras dependencias como lo son, eléctricos e hidráulicos.
3. Producción de elementos en serie para su fácil instalación, como lo es columnas de almacenamiento y flautas horizontales de conexión, esto es válido ya que los sistemas de construcción de viviendas de interés son repetitivos en su distribución espacial.

Se tomó el diseño del proyecto en la ciudad de Barranquilla en 2018 por María Serje Martínez, para así en el área de una fachada principal determinar el área útil que puede darnos el sistema propuesto:

Área de fachadas principales:

$$1.0 \text{ Área de muro frontal sala} = 2.95 \text{ ancho} \times 2.4 \text{ alto} = 7.08 \text{ m}^2$$

$$1.1 \text{ Descuento de vanos Puerta} = 0.9\text{m} \times 2.0 = 1.8 \text{ m}^2$$

$$1.2 \text{ Descuento de vano ventana} = 1.20\text{m} \times 1.2\text{m} = 2.4 \text{ m}^2$$

$$1.3 \text{ Área útil fachada principal} = 2.9 \text{ m}^2$$

$$2.0 \text{ Área de muro frontal alcoba} = 2.95 \text{ ancho} \times 2.4 \text{ alto} = 7.08 \text{ m}^2$$



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



2.1 Descuento de vano ventana=  $1.20m \times 1.2m = 2.4 m^2$

2.2 Área útil fachada principal =  $4.68 m^2$

3.0 Área de fachada posterior =  $5.90 \text{ ancho} \times 2.4 \text{ alto} = 14.16 m^2$

3.1 Descuento de vanos Puerta =  $0.9m \times 2.0 = 1.8 m^2$

3.2 Descuento de vano ventana=  $1.20m \times 1.2m = 2.4 m^2$

3.3 Área útil fachada principal =  $9.96 m^2$

Área útil total de fachadas principales:  $2.9m^2 + 4.68 m^2 + 9.96 m^2 = 17.54 m^2$

Este sistema otorga una capacidad de 25 litros por  $m^2$  dando así para un total de una VIS 438.5 litros, así entonces se hace valido verificar el costo de este sistema con uno convencional, se presenta a continuación un análisis de precio unitario para ser comparado un con sistema convencional de almacenamiento.

**Tabla 13. Análisis de precio unitario por metro cuadrado de instalación de sistema de almacenamiento con botellas reciclables “Ekomuro”.**

TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN BOTLEAS RECICLABLES				
UNIDAD: m2				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UND	CANT	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
Botellas reciclables de 1 1/4 litros	Und	20.0	-	-
Canaleta de 2" x 4" en PVC	ml	0.4	2,000.0	800.0
Tubo de 1" PVC	ml	1.5	2,300.0	3,450.0
" T " de PVC	Und	4.0	1,600.0	6,400.0
Soldadura de PVC	Und	0.2	16,000.0	3,200.0
Resina epoxica ancho fix 4	Und	0.1	65,000.0	6,500.0
TOTAL MATERIALES				20,350.0
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
DESCRIPCION	UND	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
Segueta	Und	0.0	12,000.0	240.0
Exacto economico	Und	0.5	1,000.0	500.0
TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				740.0
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UND	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
CUADRILLA 1 OF + 1 AYUDANTE	Jornal	10.0	110,000.0	11,000.0
TOTAL MANO DE OBRA				11,000.0
TOTAL COSTO DIRECTO				32,090.0



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



De acuerdo a lo anterior el sistema implementado en una VIS tendría un costo estimado de 563.000 COP, que en comparación con un sistema de almacenamiento convencional de 500 litros tanque en fibra de vidrio, tiene un costo de:

Tanque en fibra de vidrio de 500 litros= 150.000 COP.

Kit de instalación de tanque de reserva= 80.000 COP.

Mano de obra por instalación (1 jornal oficial + prestaciones) = 70.000 COP.

De lo cual se tendría como un total 300.000 COP sin adicionales las obras previas como: plantilla reforzada para la ubicación del tanque o dependiendo de los niveles de ubicación realizar en un altillo (obra estructural). Tendido de tuberías de conexión adicional hasta la ubicación final. Este elemento convencional es un elemento que no genera ningún tipo de termorregulación de temperatura al interior de la unidad habitacional.

La optimización de construcción e instalación los elementos que constituyen este sistema pueden ser previstos, para una producción en serie se necesita preparar los siguientes elementos con anticipación: columnas de almacenamiento; depósitos de agua, Flautas horizontales de recolección de columnas de almacenamiento; elementos de interconexión y distribución del fluido, Llave control en PVC; control de salida del fluido.

Previsión de la zona de instalación, ya que los sistemas pueden ser instalado con un rendimiento alto, porque normalmente en proyectos VIS de gran escala las viviendas cuentan con las mismas distribuciones espaciales, por lo tanto, se debe primero la revisión de instalaciones eléctricas y sanitarias en fase previa a la construcción, así se evitarán problemática con interferencias de instalaciones y garantizando su desempeño óptimo.



## 7. CONCLUSIONES

Este proyecto estaba enfocado en mejorar condiciones temperatura y humedad de VIS, además la concientización del uso de elementos reciclables y buen manejo de recursos naturales, dando así una contribución a disminuir la contaminación ambiental y el uso de aparatos de refrigeración mecánica. Para la evaluación de cómo mejorar condiciones de confort térmico se dio mediante un grupo de emparejamiento: Modulo “Experimental”; elementos de vivienda convencionales con sistema de almacenamiento embebido en sus muros (Ekomuro H<sub>2</sub>O), Modulo “Control”; elementos de construcción convencional. En busca del mejor desempeño se evaluó bajo las condiciones de variación: Orientación bioclimática; definir la recepción solar sobre el modulo, Voladizos de cubierta: elemento de protección de radiaciones solares. Estos factores fueron primordiales para conocer el comportamiento del Ekomuro H<sub>2</sub>O en cuanto a temperatura en materiales y ambiente.

Primero una revisión de estudios donde se monitoreo la temperatura y humedad en VIS de zonas tropicales, para conocer el comportamiento de estas en base a: Zonas críticas en las viviendas; condiciones más desfavorables para los habitantes, Orientación bioclimática; distribución espacial de la vivienda en base zonas de recepciones solares. Estos elementos permitieron funcionar como bases para este proyecto.

Calculo de índice de confort de escenarios de medición bajo condición de orientación Oeste y Este para: Promedio de los días de monitoreo soleados, selección de los 2 días más críticos por máximas temperaturas, módulos bajo igual condición de voladizo sobre muro analizado. Para la determinación de cómo influye en las condiciones internas el uso de Ekomuro H<sub>2</sub>O embebido en los muros de la envolvente.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Para complementar y finalizar se buscó conocer la temperatura radiante de los elementos que componen los módulos, mediante fotografías termografías: Cámara infrarroja Flir-tg165; fotografía térmica de cada punto de los elementos que se visualizan, temperatura radiante de materiales en punto específico: Termómetro Digital Infrarrojo-Pistola Laser Gm320; lectura de temperatura por un punto determinado del material analizado, Temperatura ambiente interior y humedad relativa; Termómetro higrómetro digital de temperatura y humedad – T318. Estos elementos permitieron complementar el estudio con las variaciones que tienen los módulos en zonas internas y externas.

Los resultados obtenidos permitieron llegar a la siguiente conclusión:

- Al analizar las variables en los estudios realizados en la ciudad de Barranquilla , Cartagena y ser relacionadas con los módulos se obtuvo: Primero que la orientación bioclimática define en gran medida el comportamiento térmico de las viviendas, señalando que las habitaciones al ser de uso común en las noches y tener un volumen espacial más reducido, se deben orientar sus muros hacia el “Este” y zonas de gran volumen como lo es la sala comedor orientarla hacia el “Oeste”; evitar las cargas energéticas en horas de la tarde que se ven transmitidas más tarde en horas nocturnas. cumpliendo con las recomendaciones dadas por el Ministerio de viviendas en la Guía Calidad en viviendas de interés social.
- El uso de elementos de baja inercia térmica que limitan el paso de la energía calorífica al interior de las viviendas, se pudo ver como resultado el desempeño de una cubierta termo acústica de PVC, en comparación con una teja de fibrocemento utilizadas en VIS convencionales, dio como resultado la cubierta en PVC mantuvo temperaturas inferiores en promedio de 4.5 °C.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



- De acuerdo al índice de confort que se obtuvo, todos los casos presentaron sensación muy calurosa, esto es una condición en zonas de cálidas de temperaturas extremas, que se ve reflejado como la inexistencia del confort térmico. Con respecto al comportamiento de los módulos, fue que el “Experimental” se mantuvo valores muy próximos al módulo “Control”, pero siempre manteniendo mejores condiciones de Índice de confort en los valores obtenidos de cada análisis como lo fueron: Promedio, 2 Días críticos y módulos bajo misma condición de cubierta, pero la ubicación optima es sobre el muro orientado hacia el “Oeste” otorgando mejor control de temperatura.
- Al igualar la cubierta con el voladizo de sobre el muro analizado, el grupo de emparejamiento al trabajar bajo la misma condición se obtuvo resultado una disminución de temperatura ambiente interior de 3.2°C, para cuando la cubierta estaba a favor del muro de la unidad “Control”, aun así, el modulo “Experimental” el día más crítico la diferencia a favor fue “Este” con 1.6°C y para el “Oeste” 1.9°C. Los Sistemas empleados como Control solar en base a la recomendación de Calidad en las Viviendas de Interés social, dio como resultado disminución en temperatura radiante del muro en 8.9°C y en el ambiente interior 1.2°C.

De acuerdo a toda la serie de resultados y soportes por Guías de recomendaciones para VIS, el uso de Ekomuro H2O al ser evaluado en cambios de temperatura y humedad cumple con la mejora de las condiciones internas, así pues, esto está reflejado en el Índice de confort brindando mejores condiciones en un clima con temperaturas extremas, además que es un sistema de captación de un recurso hídrico y concientización de personas para escasos recursos. En conclusión, se recomienda la implementación del sistema de almacenamiento para VIS, es una solución de bajo costo, un beneficio para los habitantes como lo es buen manejo de recursos naturales, además reducción de temperatura ambiente interior en aproximadamente 3.2°C para la hora más crítica.



## 7.1 RECOMENDACIONES.

Los resultados muestran que el sistema propuesto ayuda a controlar la temperatura al interior de los módulos, por lo que se sugiere una serie de lineamientos para estudios próximos. El objetivo de esta investigación no se centró en estrategias de recolección de materiales, metodología de análisis de confort térmico que incluyen velocidades de viento encuestas a usuarios, Pero de acuerdo a experiencias en la ejecución se observaron elementos que pueden mejorarse, entonces se mencionan a continuación:

- Análisis de temperatura y humedad con las siguientes variaciones:
  1. utilizando el sistema en los muros orientados hacia “Este” y “Oeste”.
  2. Sistema de cubierta en dos aguas sobre los muros que se aplique el sistema.
  3. Pañetando los elementos del sistema de almacenamiento a la vista.
  4. Monitoreo en intervalos de 30 minutos con cámara termografía.
  5. Mantener monitoreo por 24 horas.

Se pueden analizar los módulos con las anteriores recomendaciones, primero, para así conocer si sobre los muros en los cuales se tiene mayor recepción solar se logra mayor disminución de temperatura al interior, segundo, porque cuando se hizo la variación de la cubierta sobre el modulo “Experimental” se aumentó la reducción de temperatura, tercero, al recubrir el sistema de almacenamiento se podría reducir el aumento de humedad que se presentó en el módulo “Experimental”, además que se aumenta el la masa que debe ser vencida para radiar la energía hacia el interior de la unidad, por último el monitoreo con termografía permiten tener una visión más detallada del comportamiento en todos sus elementos, finalmente se conocería si se contrarresta la problemática de emisión de energía calorífica en horas nocturnas.



## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Para conseguir una medida más exacta de promedios de la unidad, se deberían instalar tres sensores de temperatura ambiente interior, por lo que el sensor instalado estaba cerca del muro el cual se estaba analizando, se dieron grandes desviaciones de temperatura para cuando se realizaron las medidas en orientación “Este”, ya que se encontraba alejado el sensor de la recepción solar en horas de la tarde cuando se encontraron las temperaturas más altas.

Se puede realizar un Estudio con la implementación de sistemas combinados como lo son: cubiertas verdes con Ekomuro en su envolvente, ya que son elementos que han demostrado que genera deducción de la temperatura. En la ciudad de Cartagena donde se presentan inexistentes las condiciones de confort térmico al ser una zona con temperaturas extremas.



## 8. REFERENCIAS

- ACAIRE, A. C. (2017). *Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas en Edificaciones*. Obtenido de [http://www.cceecol.org/images/archivos/Biblioteca/RITE\\_2017\\_FINAL.pdf](http://www.cceecol.org/images/archivos/Biblioteca/RITE_2017_FINAL.pdf)
- ASHRAE. (2013). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Obtenido de <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy#:~:text=ANSI%2FASHRAE%20Standard%2055%2D2013,buildings%20and%20other%20occupied%20spaces>.
- Atem, C. A.-G. (2012). .LA INFLUENCIA DE DISTINTOS MUROS EXTERIORES EN EL CONFORT TÉRMICO DE VIVIENDAS EN UN CLIMA SUBTROPICAL HÚMEDO. Barcelona. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=652d0e88-0683-4617-88cc-4f4dba9e30c5%40sessionmgr4007&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsbas.ftupcatalunyair.oai.upcommons.upc.edu.2099.1.16650&db=edsbas>
- Bettín, J. I. (2017). *Evaluación de Cubiertas Verdes como Elemento de Aislamiento Térmico en Edificaciones en Clima Tropical Seco*. Cartagena. Obtenido de [http://bdigital.unal.edu.co/64605/1/DE%20POMBO\\_%20TESIS%20DE%20GRADO%202018\\_06-20.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/64605/1/DE%20POMBO_%20TESIS%20DE%20GRADO%202018_06-20.pdf)
- Blender, M. (2015). *EL CONFORT TÉRMICO*. Obtenido de <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>
- Campillo, L. M. (2013). *Las fachadas verdes como herramienta pasiva de ahorro energetico*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/3416/341630942011.pdf>
- Carbajal, E. T. (2009). *COMPORTAMIENTO DE DOS TIPOS DE CUBIERTAS VEGETALES, COMO DISPOSITIVOS DE CLIMATIZACIÓN, PARA CLIMAS CALIDOS SUB-HUMEDOS*. colima. Obtenido de [http://www.lareferencia.info/vufind/Record/MX\\_5603043d9dcece77239b9c5adba0a0](http://www.lareferencia.info/vufind/Record/MX_5603043d9dcece77239b9c5adba0a0)
- CEPAL. (2005). *Ciudad de Cartagena, Perfil sociodemografico*. Obtenido de [https://www.cepal.org/celade/noticias/paginas/2/40392/5\\_cartagena.pdf](https://www.cepal.org/celade/noticias/paginas/2/40392/5_cartagena.pdf)
- Chong Shen, X. L. (2015). *Thermal performance of active pipe-embedded building envelope in different regions and orientations*. China. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/311880045\\_Energy\\_saving\\_potential\\_of\\_](https://www.researchgate.net/publication/311880045_Energy_saving_potential_of_)



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



pipe-embedded\_building\_envelope\_utilizing\_low-temperature\_hot\_water\_in\_the\_heating\_season

- CIOH. (2018). *Climatología Del Caribe*. Cartagena. Obtenido de <https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenCartagena4.php>
- Claudio Vasquez, A. P. (2013). *LA FACHADA VENTILADA*. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0717-69962013000200016&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-69962013000200016&lng=es&nrm=iso)
- Constanza Francisca, E. C. (2010). Desempeño Térmico de Techo Alternativo para Vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Chile. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=992c4299-a3d1-4007-a6f2-7f7743201095%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edssci.S0718.915X2010000100009&db=edssci>
- Constanza, F. (2014). Confort higro-térmico en vivienda social y la percepción del habitante. Chile. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=5564fd57-b758-4d9d-9bd7-8dbdb48b31ea%40sessionmgr4007&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edssci.S0718.83582015000300008&db=edssci>
- DANE. (2018). *Comunicado de prensa*. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/vis/cp\\_vis\\_no\\_vis\\_Itrim18.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/vis/cp_vis_no_vis_Itrim18.pdf)
- Díaz, N. M. (2016). *ARQUITECTURA TRADICIONAL COLOMBIANA COMO SISTEMA DE APROVECHAMIENTO ENERGETICO*.
- Domingo Acosta, A. C. (2005). Edificaciones Sostenibles. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45288306/Edificaciones\\_sostenibles\\_estrategias\\_de\\_investigacion\\_y\\_desarrollo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1521306000&Signature=%2BPSjZsbdbyRB9wR2MiLBC4tmPCc%3D&response-content-disposition](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45288306/Edificaciones_sostenibles_estrategias_de_investigacion_y_desarrollo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1521306000&Signature=%2BPSjZsbdbyRB9wR2MiLBC4tmPCc%3D&response-content-disposition)
- EkoGroup, H. (2019). *Ekomuro H2O+ Cosecha de lluvias en Colegios y Áreas Periurbanas de Pobreza*. Obtenido de [http://premioslatinoamericaverde.com/archivos/2019/proyecto\\_5988\\_archivo.pdf](http://premioslatinoamericaverde.com/archivos/2019/proyecto_5988_archivo.pdf)
- Energy Efficiency Standard for Buildings . (may de 2003). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Obtenido de [http://www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/standard-55\\_2003.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/standard-55_2003.pdf)
- Gallardo, N. P. (2017). *RESPUESTA TERMICA DE EDIFICACIONES CON ENVOLVENTE VEGETALES*. Sao Carlos. Obtenido de [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde.../TeseNuriaPerezGallardo.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde.../TeseNuriaPerezGallardo.pdf)



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



- Gonzales, J. M. (2014). *Contaminacion al Medio Ambiente*. Obtenido de [https://www.academia.edu/9848035/CONTAMINACION\\_AL\\_MEDIO\\_AMBIENTE\\_TESIS?auto=download](https://www.academia.edu/9848035/CONTAMINACION_AL_MEDIO_AMBIENTE_TESIS?auto=download)
- González, O. C. (1998). *Metodología para el calculo de confort climatico en colombia*. Santa Fe de Bogota. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/007574/Metodologiaconfort.pdf>
- Gonzalez, O. C. (1998). *Metodología para el Calculo del Confort Climático en Colombia*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/007574/Metodologiaconfort.pdf>
- González, O. C. (1998). *Metodología para el Calculo del Confort Climático en Colombia*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/007574/Metodologiaconfort.pdf>
- Google maps. (s.f.). Obtenido de <https://www.google.com.co/maps/@9.6965082,-76.2498605,949930m/data=!3m1!1e3>
- Haro, C. E. (noviembre de 2009). *COMPORTAMIENTO DE DOS TIPOS DE CUBIERTAS VEGETALES, COMO DISPOSITIVO DE CLIMATIZACION, PARA CLIMAS CALIDO SUB-HUMEDO*. mexico. Obtenido de [http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/HARO\\_CARBAJAL\\_ELBA\\_TERESA.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/HARO_CARBAJAL_ELBA_TERESA.pdf)
- Herrera, W. G.-C. (2017). *Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial*. Colombia. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=afedb1c7-777d-42dd-8645-130fab475ad%40sessionmgr4007&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT11ZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=edssci.S0122.34612017000100077&db=edssci>
- IDEAM. (2010). *2da COMUNICACIÓN NACIONAL ANTE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMATICO*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021658/2Comunicacion/IDEAMTOMOIIICap4.pdf>
- IDEC, I. D. (2001). *TECNOLOGIA Y CONSTRUCCION*. Obtenido de <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/3914/1/LOS%20SISTEMAS%20PASIVO%20DE%20REFRESCAMIENTO....pdf>
- Jian Yanga, b. Y. (2011). *Thermal analysis of mass concrete embedded with double-layer staggered heterogeneous cooling water pipes* .



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



- Kim, K. W. (2017). *Radiant heating and cooling systems*. Obtenido de <https://www.refrigerationandaircon.co.za/index.php/features/heating-feature/18-radiant-heating-and-cooling-systems-part-1>
- Ledesma, E. (2014). Obtenido de <http://www.seg.guanajuato.gob.mx/Ceducativa/ProyectosCiberneticos/Irapuato/Emmanuel%20Ledesma/Emmanuel%20Ledesma.pdf>
- Li, C. S. (2017). *Potential of Utilizing Different Natural Cooling Sources to Reduce the Building Cooling Load and Cooling Energy Consumption: A Case Study in Urumqi, Beijing*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/304107474\\_Dynamic\\_thermal\\_performance\\_of\\_pipe-embedded\\_building\\_envelope\\_utilizing\\_evaporative\\_cooling\\_water\\_in\\_the\\_cooling\\_season](https://www.researchgate.net/publication/304107474_Dynamic_thermal_performance_of_pipe-embedded_building_envelope_utilizing_evaporative_cooling_water_in_the_cooling_season)
- Lima, G. J. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS BASADO EN LA PLATAFORMA DE SISTEMAS EMBEBIDOS RASPBERRY PI*. Bogota. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12679/2018jeyssonlima.pdf?squence=1>
- López, J. E. (2015). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UNA VIS, COMO HERRAMIENTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO TENIENDO EN CUENTA LOS FACTORES BIOCLIMÁTICOS Y EL CONFORT DE LOS OCUPANTES*. CARTAGENA. Obtenido de <http://catalogo.unicartagena.edu.co:81/cgi-olimp/?keyword=EVALUACION%20DEL%20COMPORTAMIENTO%20TERMICO%20DE%20UNA%20VIS&session=48375075&infile=presearch.glue>
- Luis Carlos Herrera, L. C. (2014). *Porcentaje de horas de confort térmico con técnicas de enfriamiento evaporativo indirecto en techos estanque en clima árido*. MEXICO. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=d3b3422d-3c7a-4a80-9e84-e96510c88440%40sessionmgr4008&bdata=Jmxbhmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsbas.C176F4BB&db=edsbas>
- Luis, H. (2015). *Temperatura y rangos de confort térmico en viviendas de bajo costo en clima árido seco*. Mexico. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=f5eac241-663d-405c-a9c2-dc8ff47dafcd%40sessionmgr4008&bdata=Jmxbhmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsdoj.2f75eb9a85410ca5750c23035bca08&db=edsdoj>
- M .V. Machado, P. L. (2000). *DOS PROPUESTA DE VIVIENDA BIOCLIMATICAS*. Venezuela. Obtenido de



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



[https://books.google.com.co/books?id=hKpJc9KsS8YC&pg=PA87&lpg=PA87&dq=mejorar+temperatura+viviendas+casos+antiguos&source=bl&ots=CFGISKwO1U&sig=ugjoNKARWfnYa\\_MhWJb8xGPztXI&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi1vqyS9ubZAhUix1kKHR\\_BACYQ6AEIVjAE#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=hKpJc9KsS8YC&pg=PA87&lpg=PA87&dq=mejorar+temperatura+viviendas+casos+antiguos&source=bl&ots=CFGISKwO1U&sig=ugjoNKARWfnYa_MhWJb8xGPztXI&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi1vqyS9ubZAhUix1kKHR_BACYQ6AEIVjAE#v=onepage&q&f=false)

Martínez, M. C. (2018). *EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LAS VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL, EN LA ZONA SUROCCIDENTE DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA*. Barranquilla. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/64324/1/1140816181.2018.pdf>

Minvivienda. (2011). *Calidad en la vivienda de Interes Social*. Obtenido de [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia\\_asis\\_tec\\_vis\\_1.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia_asis_tec_vis_1.pdf)

Minvivienda. (2011). *Los Materiales de Construcción en Vivienda de Interés Social*. Obtenido de [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia\\_asis\\_tec\\_vis\\_2.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia_asis_tec_vis_2.pdf)

Nahle, N. (2006). Transferencia de Calor. Biology Cabinet. Obtenido de [http://www.biocab.org/Transferencia\\_Calor.html](http://www.biocab.org/Transferencia_Calor.html)

NASA. (2018). *Cambio Climatico*. Obtenido de [https://www.nasa.gov/audience/forstudents/nasaandyou/home/climate\\_resources\\_sp.html](https://www.nasa.gov/audience/forstudents/nasaandyou/home/climate_resources_sp.html)

NTC. (2004). Colombiana, Norma Tecnica. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5316.pdf>

Olesen, B. W. (2015). *COOLING AND HEATING OF BUILDINGS BY ACTIVATING THEIR THERMAL*. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.590.5375&rep=rep1&type=pdf>

Pérez Gallardo. (2017). *Reacción frente al frío de edificaciones con envolventes vegetales para climas tropicales*. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-50732018000100015&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732018000100015&lng=es&nrm=iso)

Qiuyuan Zhu a, b. X. (2014). *A semi-dynamic model of active pipe-embedded building envelope for thermal performance evaluation*. China. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1290072914002725>

Rosas, J. R. (2019). *MEJORAMIENTO DEL SISTEMA RECOLECTOR DE AGUAS LLUVIAS EKOMURO H2O*. Bogota. Obtenido de <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5576/1.%20Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rubiano, M. A. (2015). La fachada ventilada y el confort limático: un instrumento tecnológico para edificaciones de clima cálido en Colombia. COLOMBIA.



# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=1b68d26a-2e51-4ec5-804a-8a495b8cf771%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=edsgcl.468852667&db=edsgii>

Salgado, F. W. (2012). Evaluación del rendimiento de calefacción o refrescamiento producido por los elementos constructivos y microclima de una vivienda pasiva. una forma de integrar el rendimiento del confort térmico pasivo a su administración del ciclo de vida de un edificio . Chile . Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=ca5fe457-8844-476a-9972-c473027ff39d%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbG12ZQ%3d%3d#AN=edssci.S0718.83582012000200006&db=edssci>

Sampedro, F. J. (noviembre de 2006). ESTRATEGIA DE DISEÑO BIOCLIMATICO PARA LA CIUDAD DE OAXACA ZONA CONURBADA. oaxaca. Obtenido de <file:///C:/Users/R.M%20corporation/Desktop/Mauricio%20Universidad/tesis/antece-dentes/ESTRATEGIAS%20DE%20DISEÑO%20BIOCLIMATICO%20.pdf>

Territorial, M. D. (2011). *Los materiales de contruccion de viviendas de interés social*. Obtenido de [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia\\_asis\\_tec\\_vis\\_2.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia_asis_tec_vis_2.pdf)

Trabajo, I. N. (2004). *REAL DECRETO 486/1997 de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones*. Obtenido de [http://www.ffis.es/ups/prl/real\\_decreto\\_sobre\\_disposiciones\\_minimas\\_sobre\\_lugares\\_de\\_trabajo.pdf](http://www.ffis.es/ups/prl/real_decreto_sobre_disposiciones_minimas_sobre_lugares_de_trabajo.pdf)

Umaña, B. G. (2012). Análisis del confort y el comportamiento higrotérmico de sistemas constructivos tradicionales y actuales en viviendas de Santa Ana Ciudad Colón (Costa Rica. Costa Rica. Obtenido de <https://doaj.org/article/0e1a8a6fe18d4edcbded58b1e7dff09b>

XIE Jun-long, Z. Q.-y.-h. (2012). *An active pipe-embedded building envelope for utilizing low-grade energy sources*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/311880045\\_Energy\\_saving\\_potential\\_of\\_pipe-embedded\\_building\\_envelope\\_utilizing\\_low-temperature\\_hot\\_water\\_in\\_the\\_heating\\_season](https://www.researchgate.net/publication/311880045_Energy_saving_potential_of_pipe-embedded_building_envelope_utilizing_low-temperature_hot_water_in_the_heating_season)

Yovane, S. (2001). *La vivienda desde tiempos remotos hasta nuestros dias en el mediterraneo* . Obtenido de [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6113/04PARTE2\\_3.pdf](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6113/04PARTE2_3.pdf)



## **ANEXO 1. CONTRUCCIÓN DE UNIDADES HABITACIONALES EQUIVALENTES A UNA VIS A ESCALA DE LABORATORIO.**

A continuación, este capítulo se dispone para explicar detalladamente como se realizó paso a paso las unidades habitacionales. Inicialmente una descripción detallada de materiales utilizados en base a los que se utilizan en viviendas de interés social, planos de detalle con medidas, ubicaciones de equipos (corte, planta y vista en 3D) y el proceso constructivo paso a paso.

### **1.1 MATERIALES.**

En la elaboración de las unidades habitacionales a escala de laboratorio se utilizaron los siguientes materiales:

- Rodamientos de poliuretano de 1 ½”
- Ángulos de 1” x 1/8”.
- Lamina de triple de 12 mm - 2.40x 1.22 m.
- Mortero 1:3.
- Láminas de PVC (poli cloruro de vinilo).
- Ladrillo de arcilla cocida #5 20x40x12cm, utilizados en muros perimetrales de mampostería (envolvente).
- Cristal 2 mm de 15 x 35 cm.
- Canaleta PVC de 4” x 1m.
- Envases reciclados de 1.5 litros.
- Tubo de PVC de ½”.
- Accesorios de PVC (codo y Tee).



- Sikadur anchorfix 4.
- Listones de madera de 1" x 2".
- Llave de control en acero inoxidable de ½".
- Soldadura 6011.
- Soldadura de PVC.
- Broca de metal ¼".
- Tornillos de madera ¼" x 1 ".
- Bisagras.
- Termómetro hidrómetro digital de temperatura y humedad –Ta318.

## 1.2 PLANOS DE DETALLE.

Primeramente para dar inicio a la fase de construcción, se realizaron los planos de planta y cortes de detalle de las estructuras, el objeto es visualizar las unidades como están ubicadas y cada uno de los componentes como lo son: la canaleta de recolección, cubiertas en diferentes posicionamientos; orientación del sol sobre la pared que se encuentran los termómetros de temperatura y humedad, distribución de muros y cotas, planos de corte para localización espacial de los elementos que están ubicados en las unidades tales como, puntos de medidas en cada uno de los módulos y posición del sistema de almacenamiento propuesto.



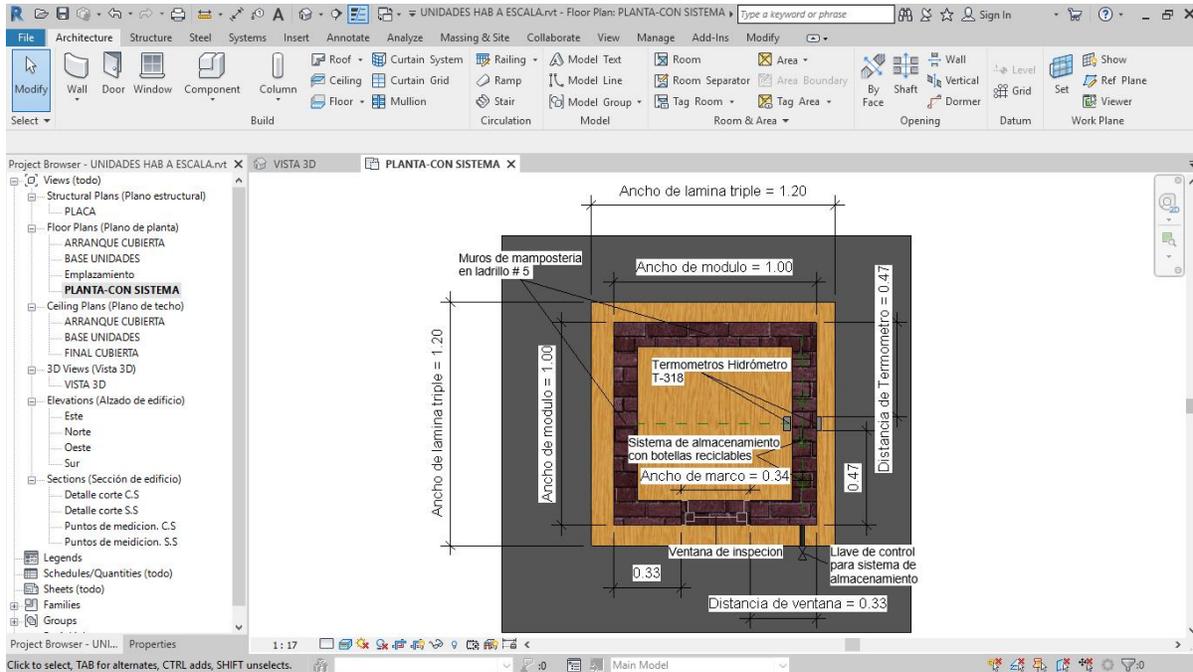
**Ilustración 6. Modelo en Revit 2019 - 3D de unidades habitacionales a escala de laboratorio**



En la figura anterior se presenta un plano de modelado en 3D de las estructuras realizadas con una disgregación de los elementos del módulo que tiene implementado el sistema de almacenamiento. Se utilizó la herramienta de ingeniería Revit 2019. Este programa permitió sobre una superficie de dibujo de un plano, en el cual se les otorgan altura a los elementos sobre un pliego visto en planta generar elementos en 3D para la fácil obtención de cortes de detalle.



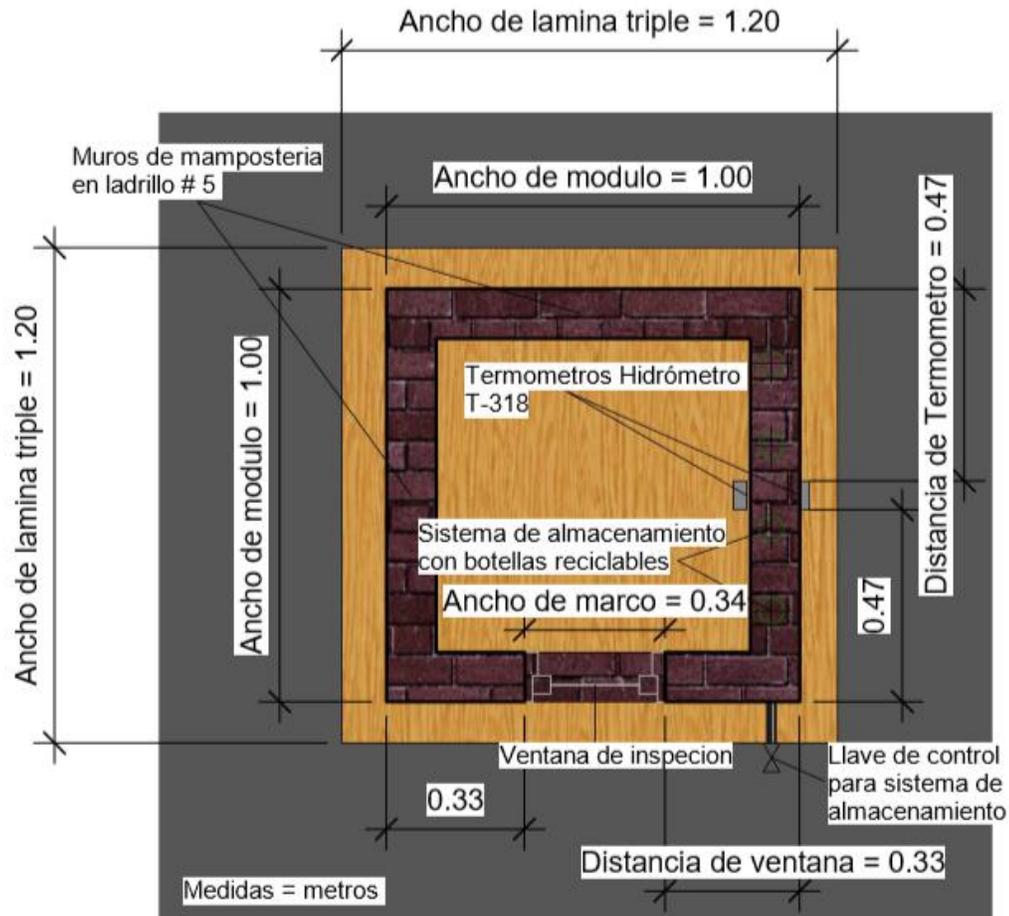
**Ilustración 61. Interfaz de Revit 2019-vista en planta de unidades habitacionales a escala de laboratorio.**



Plano de detalle en planta acotado presentado en formato Revit 2019, bajo la licencia estudiantil sobre todos los programas de Autodesk. Estos planos de detalle, solo se obtienen proyectando una línea de corte sobre el elemento en planta y se generan los planos que se presentan a continuación.



**Ilustración 7. Plano de planta unidad habitacional control.**



La diferencia entre los módulos es que uno tiene la instalación del sistema con su respectiva llave de control y el otro no, pero estas condiciones no generan variación alguna en la distribución de ventana, muros y centro de del módulo sobre la lámina de triple, entonces se utilizó el mismo plano de planta para la fabricación.

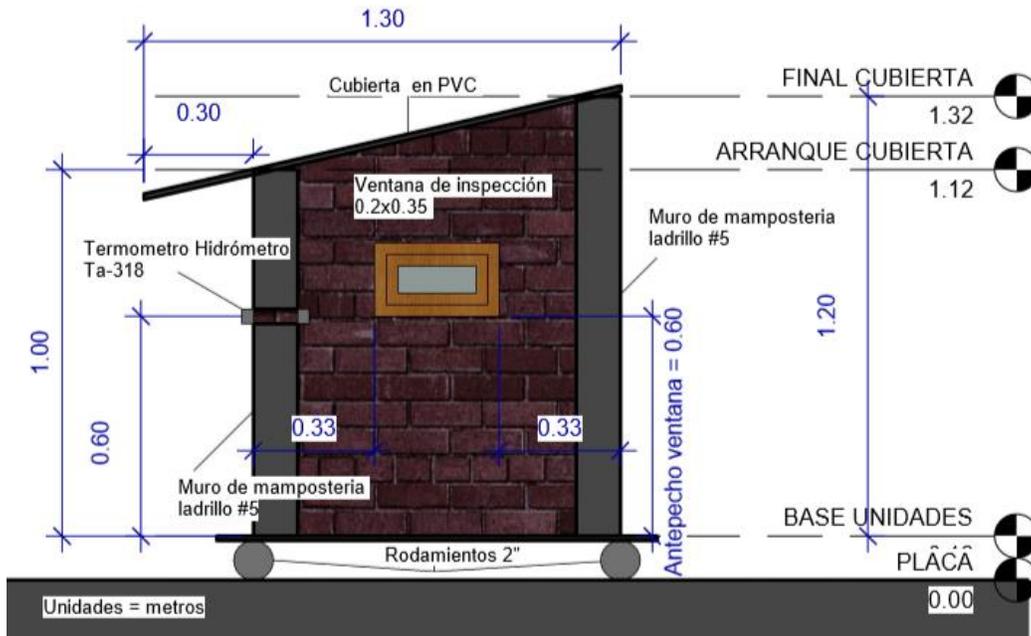
Plano de corte de Unidad habitacional a escala de laboratorio sin sistema de almacenamiento extraído de Revit 2019, este plano de detalle permite identificar cada uno de los elementos que constituye el módulo.



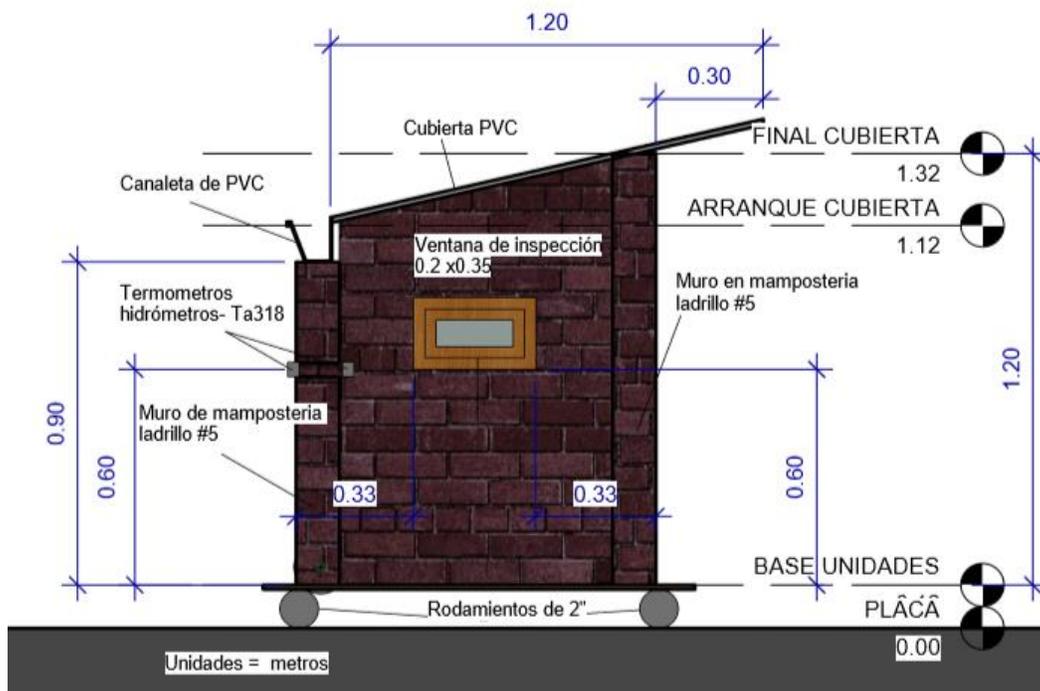
# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Ilustración 62. Detalle en corte de unidad habitacionales a escala de laboratorio sin sistema de almacenamiento.**



**Ilustración 63. Detalle en corte de unidad habitacionales a escala de laboratorio con sistema de almacenamiento.**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Plano de corte de la **Ilustración 63**, en el corte se define la altura del muro como lo son el frontal de 0.9 m y posterior de 1.20 m, que permite diferenciar con el módulo sin sistema la altura del muro frontal.

### 1.3 PROCESO CONSTRUCTIVO.

Como primer paso se hicieron los marcos de soporte para la lámina de triple, están conformados por ángulos de 1" x 1/8" los cuales fueron cortados en medidas de 1 m de longitud, se soldaron los ángulos formando un cuadrado de 1m x 1 m y en cada esquina se le soldaron los rodamientos de poliuretano de 2".

**Ilustración 64. Fotografía de rodamientos, marco y lamina de soporte de las unidades habitacionales a escala de laboratorio.**



Como segundo paso se procedió a fijar la lámina de triple de 12 mm con tornillos para madera de 1 1/2" en perforaciones realizadas cada 30 cm en la longitud del angulo de soporte, para empezar con el aparejamiento de los ladrillos # 5 de arcilla cocida de dimensiones de 0.20m x 0.40m x 0.12 m, los cuales fueron ubicados realizando la primera hilada de bloques conocida como replanteo, después de verificar esta modulación se procedió a continuar con las siguientes de manera que los bloques quedaran sobre media sección de dos bloques y trabando las hiladas en las esquinas de los módulos, así se le garantiza la rigidez al muro.



**Ilustración 65. Levante en mampostería de modulo con espacio para ventana de inspección de 0.2 m x 0.35 m.**



Después de haber terminado las cinco hiladas de bloques se dejó una ventana en una de las caras laterales del módulo para la ubicación de la ventana de inspección. La ventana de inspección fue fabricada con listones de 1"x2", para la conformación del marco y con retazos de la lámina de triple para el soporte de la hoja de cristal de 0.15m x0.35m x 2 mm de espesor.

**Ilustración 66. Ventana de inspección instalada sobre unidades.**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Como tema de mayor importancia en el proceso constructivo fue la fabricación del sistema de almacenamiento y la instalación, debido a que este no debía presentar fugas y que al momento de realizar regatas para la instalación del sistema se debe tener cuidado en no romper los muros de mampostería.

### 1.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO PROPUESTO.

Como primer paso en la fabricación del sistema de almacenamiento fue el corte de tubería de PVC de ½ “y las perforaciones en las botellas de 1.5 litros recicladas, después se realizó la unión de las tuberías de PVC con los accesorios como lo fueron Te de ½ “ de PVC y codos de ½” con soldadura de PVC, pero para los empalmes de tubería de PVC con las botellas se utilizó Anchorfix 4 de Sika, producto técnico para anclajes de resina epoxica, el cual cumplió la función de sellante entre los elementos evitando filtraciones.

**Ilustración 67. Sistema de almacenamiento propuesto armado y soldado fuera de la unidad habitacional.**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



El tanque después de ser sellado en cada una de las uniones se sometió a una prueba de filtración dejándolo totalmente lleno por 24 horas, ahora bien sin filtraciones se procedió con las dimensiones del sistema a realizar las regatas en los muros del módulo que se instaló el sistema, estas regatas cumplieron con la condición de estar espaciadas cada una a 0.15 m de su eje así permitiendo en una longitud de muro de 0.80 m internamente la ubicación de cuatro columnas verticales x tres botellas cada una con una altura de 0.85 m, también cuenta una tubería con la misma altura del sistema conectada antes de la llave de control como control de nivel sobre el tanque, esta permite salida de agua cuando el sistema llega al máximo de su capacidad.

**Ilustración 68. Sistema de almacenamiento fijado sobre muros de mampostería, tubería de rebose y llave de control.**





## EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Este sistema cuenta con una capacidad de 4.5 litros por columna de 0.85 m de altura, para este caso tenemos una capacidad total de 18 litros en una pared de 0.8 m en ancho por 0.9 m lo cual genera una superficie para el sistema de 0.72 metros cuadrados. Así pues, se procedió a la instalación de la cubierta en ambos módulos, sin embargo, en el muro de 0.9 m de altura donde se encuentra ubicado el sistema se conectaron cada una de las columnas con la canaleta de PVC de 4" utilizando Sikadur anchorfix-4.

### **Ilustración 69. Prueba de llenado de sistema de almacenamiento después de instalada la canaleta de captación de aguas lluvias.**



Por último se hizo la instalación de los Termómetros hidrómetros digitales de temperatura y humedad T -318 a 0.6 m de la lámina de trípex, ESTA altura es el equivalente a la mitad de la distancia de la cubierta y la base.



**Ilustración 70. Fotografías de ubicación de sensores, sistema de almacenamiento y pantallas LCD de los termómetros T -318.**



**Ilustración 71. Fotografías de ubicación de sensores y pantallas LCD de los termómetros T -318.**





EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Ilustración 72. Evidencia fotográfica de las unidades a escala de laboratorio terminadas con dirección Oeste de muro experimental y control.**





## **ANEXO 2. MONITOREO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LAS UNIDADES HABITACIONALES A ESCALA DE LABORATORIO.**

### **2.1 EQUIPOS.**

Vale la pena decir que uno de los objetivos es medir las variaciones de temperatura en los módulos, para el cumplimiento de este se utilizaron los tres equipos que a continuación se referencian:

- Termómetro higrómetro digital de temperatura y humedad – T318.
- Termómetro Digital Infrarrojo-Pistola Laser Gm320.
- Cámara infrarroja Flir-165.

#### **Termómetro higrómetro digital de temperatura y humedad – T318**

Este equipo fue utilizado para el monitoreo de temperaturas de ambiente (interior y exterior) sobre los muros a comparar en cada uno de los módulos, este equipo cuenta con las siguientes características:

1. Pantalla LCD que presenta temperatura y humedad.
2. Energizado con una batería AAA 1.5 v.
3. Rango de temperatura: 0 C- 50 C (-58 F, 158 F).
4. Precisión de temperatura +-1 C
5. Humedad relativa 25 % a 99 %.
6. Precisión de humedad +-2 %.



**Ilustración 73. Termómetro higrómetro digital de temperatura y humedad – T318.**



**Termómetro Digital Infrarrojo-Pistola Laser Gm320.**

El termómetro digital permite la medición de temperatura superficial de cualquier material hasta una distancia máxima de 1 metro, pero en el caso de este proyecto las mediciones se hicieron en contacto directo con el material, este quipo consta de las siguientes especificaciones:

1. Max temperatura de medición -50 C hasta 380 C.
2. Precisión de temperatura +- 1 C.



**Ilustración 74. Termómetro Digital Infrarrojo-Pistola Laser Gm320.**



### **Cámara infrarroja Flir-tg165**

Esta herramienta es utilizada para diagnosticar problemas eléctricos, mecánico y de patologías de edificios referentes con temperatura, debido a que utiliza un detector de infrarrojo y muestra en una imagen con colores que indican los rangos de temperatura definido por la radiación de calor que emite el cuerpo observado, este equipo cuenta con las siguientes especificaciones:

1. +/- 1 C de lectura en cualquier punto de la imagen.
2. Rango de temperatura -20 C a 400 C.
3. Resolución de imagen 160 x 120 pixeles.



**Ilustración 75. Cámara infrarroja Flir-tg165**



Fuente = (Google imágenes)

## **2.2 MEDICIONES DE TEMPERATURA EN LAS UNIDADES HABITACIONALES A ESCALA DE LABORATORIO.**

La recolección de datos se realizó en la totalidad de las horas de exposición solar, los datos se tomaron con intervalos de 30 minutos desde la hora de inicio de recepción solar 7:00 am hasta las 5 pm, a razón que las temperaturas críticas del módulo están definidas entre las 10 am y 5 pm.



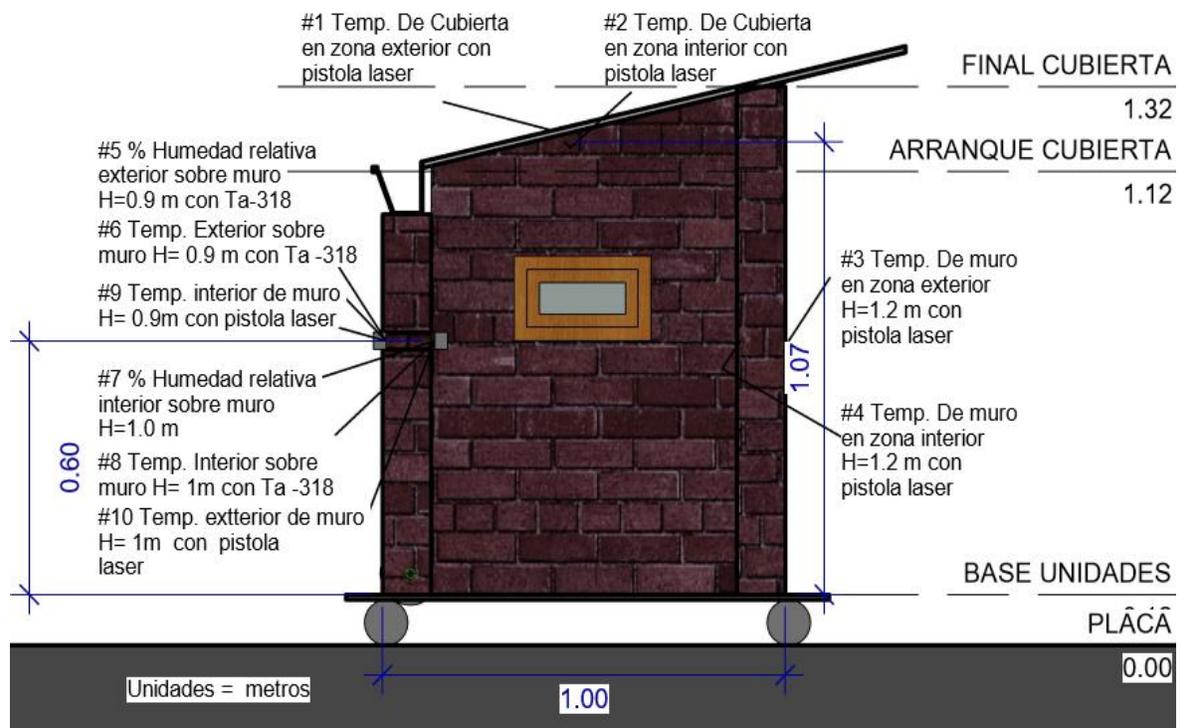
# EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



Estas mediciones se realizaron en dos condiciones, para evaluar los comportamientos en cada una de estas. Primero se realizó la medición con el muro del sistema propuesto con dirección “Este”, ya que el nacimiento del sol en las horas de la mañana se presenta por el “Este”, esto fue denominado como recepción solar directa en las horas de la mañana, y como segundo escenario de condiciones, ubicando las unidades habitacionales con el muro propuesto en dirección “Oeste”, para recepción directa sobre este en las horas de la tarde.

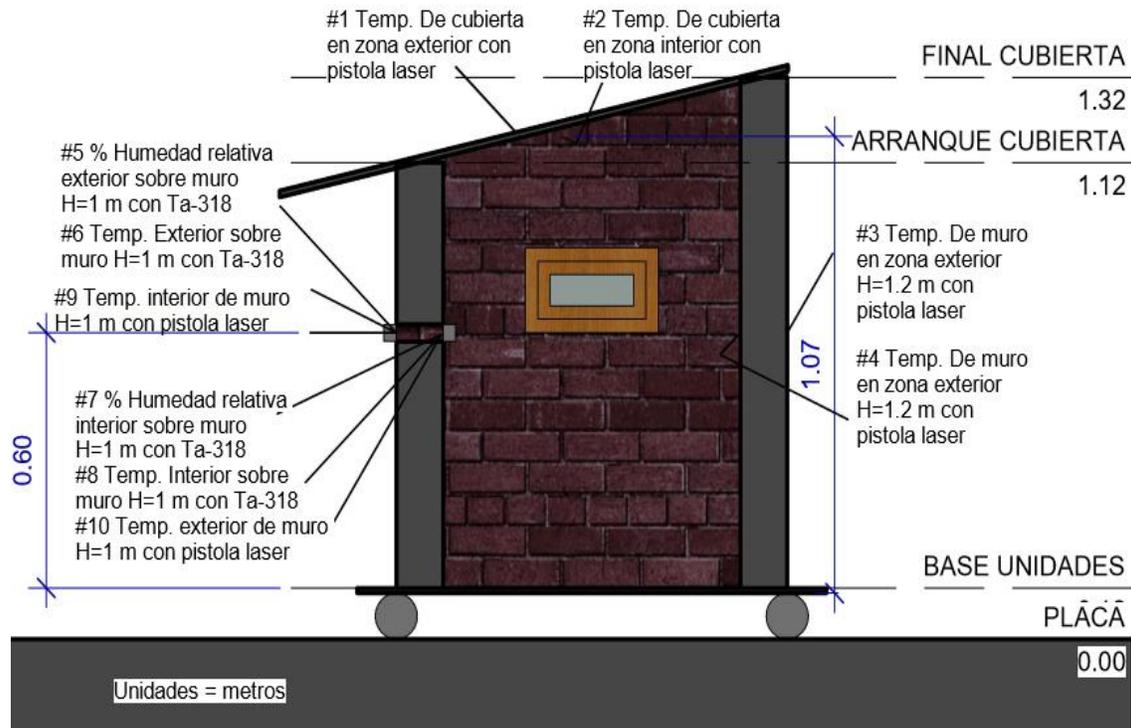
En cada uno de los módulos se definieron puntos específicos para tomar lecturas de temperatura, como lo son cubierta (interior y exterior), a las unidades habitacionales se le tomaron medidas en los muros que definían la altura de la cubierta, como lo son el muro de 1.20m en ambos módulos, así mismo de 0.9m y 1 m. los puntos de medición del proyecto se encuentran referenciado en las siguientes imágenes de corte.

**Ilustración 9. Detalle en corte de puntos de medición en unidad control.**





**Ilustración 10. Detalle en corte de puntos de medición en unidad habitacional experimental.**



La primera medida se realizó el día 14 de mayo de 2019 durante veinte y seis días, se realizaron las medidas definidas de la siguiente manera:

1. Temperatura de cubierta en zona exterior con **Pistola Laser Gm320**.
2. Temperatura de cubierta en zona interior con **Pistola Laser Gm320**.
3. Temperatura de muro en zona exterior H=1.2m con **Pistola Laser Gm320**.
4. . Temperatura de muro en zona interior H=1.2m con **Pistola Laser Gm320**.
5. % Humedad relativa exterior sobre muro H= 1 m y H= 0.9 m con **Termómetro T-318**.



6. Temperatura de muro en zona exterior sobre muro H= 1 m y H=0.9 m con **Termómetro T-318.**
7. % Humedad relativa interior sobre muro H= 1 m y H= 0.9 m con **Termómetro T-318.**
8. Temperatura de muro en zona interior sobre muro H= 1 m y H=0.9 m con **Termómetro T-318.**
9. Temperatura de muro H= 1 m y H = 0.9 m en zona interior con **Pistola Laser Gm320.**
10. Temperatura de muro H= 1 m y H = 0.9 m en zona exterior con **Pistola Laser Gm320.**

Los datos se tabularon en una tabla con columnas de horas de medidas desde las 7 am hasta las 5 pm (17:00), por punto de medición referenciado #, que unidad habitacional se está tomando y fecha de lectura, estos datos fueron copiados a una hoja de cálculo Excel para su organización. El formato como lo es Tabla 14 en el que se ubicaron los datos recolectados por cada uno de los puntos de medición.



**ANEXO 3. DATOS DE MONITOREOS Y CALCULO DE RESULTADOS.**

**Tabla 14. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #8 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo experimental.**

MODULO EXPERIMENTAL "OESTE" 13 DIAS DE MEDICION PUNTO #8 TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR															
FECHA/HORA	15/5/2019	16/5/2019	17/5/2019	18/5/2019	19/5/2019	20/5/2019	21/5/2019	22/5/2019	23/5/2019	24/5/2019	25/5/2019	26/5/2019	27/5/2019	DES. ESTANDAR	PROMEDIO
07:00	26.3	25.1	25.0	24.5	25.4	25.9	26.3	26.8	26.7	26.9	26.6	27.0	27.6	0.9	26.2
07:30	26.7	26.0	25.9	25.7	26.2	26.2	27.8	26.7	27.2	27.6	27.6	29.5	27.9	1.1	27.0
08:00	27.1	27.4	26.8	26.8	27.3	26.7	28.6	26.5	27.7	28.1	28.6	30.7	28.1	1.1	27.7
08:30	28.7	28.3	27.7	28.0	28.5	27.2	29.3	28.0	28.8	28.4	29.5	31.2	28.4	1.0	28.6
09:00	29.5	28.8	28.5	29.1	29.7	27.7	30.4	28.7	29.5	29.1	30.6	31.8	28.6	1.1	29.4
09:30	30.3	29.8	29.4	30.1	30.7	28.1	31.4	29.4	30.0	31.1	31.1	32.7	28.9	1.2	30.2
10:00	31.1	30.1	30.3	31.1	31.7	29.5	32.6	31.2	31.0	33.0	31.6	33.5	29.1	1.3	31.2
10:30	31.9	31.2	31.5	32.1	32.7	31.0	33.8	32.9	32.3	33.0	31.6	34.0	30.1	1.1	32.2
11:00	32.7	33.0	32.6	33.1	33.8	32.4	34.8	34.4	33.6	33.0	31.6	34.5	31.1	1.1	33.1
11:30	33.0	33.2	33.5	33.6	34.3	34.1	35.8	35.2	34.1	33.0	33.3	34.9	32.1	1.0	33.8
12:00	33.4	33.6	34.3	34.2	34.8	34.2	35.3	35.9	34.4	33.4	35.0	35.2	33.1	0.8	34.4
12:30	34.2	33.8	35.2	34.7	35.4	34.8	34.8	35.7	34.6	33.6	35.1	35.2	34.1	0.6	34.7
13:00	34.5	33.6	36.0	35.2	35.9	34.9	35.2	35.6	34.8	33.8	35.2	35.1	35.1	0.7	35.0
13:30	34.9	34.0	35.8	35.5	36.2	35.2	35.6	35.5	34.8	34.5	35.5	35.1	35.5	0.6	35.2
14:00	34.6	34.4	35.6	35.7	34.0	35.8	36.2	35.4	34.9	35.1	35.4	35.5	35.9	0.6	35.3
14:30	34.3	34.6	35.4	36.0	34.2	35.8	36.5	35.7	35.3	35.8	35.7	35.8	36.3	0.7	35.5
15:00	34.2	35.3	35.2	36.2	34.6	36.0	36.8	36.0	35.6	36.2	36.0	36.2	36.7	0.8	35.8
15:30	33.9	35.4	35.0	35.6	34.8	35.9	36.6	35.8	35.3	36.5	35.8	36.5	36.6	0.8	35.7
16:00	33.7	35.0	34.8	35.0	34.9	35.9	36.3	35.6	35.1	36.7	35.6	36.7	36.5	0.9	35.5
16:30	33.6	34.7	34.6	34.0	34.7	35.6	36.1	35.5	35.0	36.5	35.5	36.5	36.4	1.0	35.3
17:00	33.5	34.1	34.4	32.9	33.8	34.5	35.8	34.8	34.7	36.3	34.8	36.3	34.8	1.0	34.7

**Tabla 15. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #8 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo control.**

MODULO CONTROL "OESTE" 13 DIAS DE MEDICION PUNTO #8 TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR															
FECHA/HORA	15/5/2019	16/5/2019	17/5/2019	18/5/2019	19/5/2019	20/5/2019	21/5/2019	22/5/2019	23/5/2019	24/5/2019	25/5/2019	26/5/2019	27/5/2019	DES. ESTANDAR	PROMEDIO
07:00	24.7	25.4	25.3	24.8	25.5	26.2	26.6	27.1	27.0	27.3	27.3	27.6	28.0	1.1	26.4
07:30	25.3	26.4	26.2	25.8	26.3	26.2	28.3	27.0	27.6	28.0	28.1	31.2	28.2	1.5	27.3
08:00	25.8	27.9	27.2	26.8	27.3	26.8	29.1	26.9	28.1	28.4	28.5	31.9	28.4	1.5	27.9
08:30	26.4	28.9	28.1	27.8	28.4	27.3	29.9	28.5	29.5	28.7	28.9	32.3	28.6	1.4	28.7
09:00	26.9	29.3	29.0	28.8	29.4	27.9	30.9	29.2	30.5	29.3	30.5	32.6	28.9	1.4	29.5
09:30	28.6	30.5	30.0	30.5	31.1	28.5	31.8	30.0	31.1	31.2	31.3	33.4	29.1	1.4	30.5
10:00	30.4	30.6	30.9	32.2	32.8	30.3	33.1	33.0	32.4	33.1	32.1	34.1	29.3	1.4	31.9
10:30	32.1	31.8	32.5	33.8	34.5	32.2	34.4	33.3	33.4	33.6	33.3	34.9	30.5	1.2	33.1
11:00	33.6	34.1	34.0	35.5	36.2	34.0	35.6	35.3	34.4	33.8	34.5	35.6	31.6	1.2	34.5
11:30	34.0	34.6	35.0	36.1	36.8	34.9	36.7	36.3	35.3	34.0	35.6	35.4	32.8	1.2	35.2
12:00	32.2	34.1	35.9	36.7	37.4	36.0	36.3	37.3	35.7	34.4	36.6	35.1	33.9	1.5	35.5
12:30	32.6	34.6	36.9	37.2	38.0	34.1	35.9	37.3	36.1	34.6	37.2	35.7	35.1	1.5	35.8
13:00	35.2	36.2	37.8	37.4	38.6	37.6	36.7	37.4	35.8	34.8	37.8	35.9	36.2	1.1	36.7
13:30	35.6	36.4	37.5	37.6	38.6	37.7	37.4	37.4	35.7	35.6	37.8	36.2	36.6	1.0	36.9
14:00	36.7	36.4	37.3	37.8	35.1	37.8	37.5	37.4	35.5	36.3	37.4	36.2	37.1	0.9	36.8
14:30	36.6	36.4	37.0	37.4	35.4	37.8	37.5	37.7	36.2	37.2	37.7	36.1	37.5	0.8	36.9
15:00	36.9	36.8	36.8	37.2	36.5	38.0	37.5	37.9	36.8	37.7	37.9	37.5	37.9	0.5	37.3
15:30	36.8	36.8	36.5	37.2	36.7	37.7	37.7	37.6	36.7	38.1	37.6	37.7	37.5	0.5	37.3
16:00	36.2	36.5	36.3	36.5	36.1	37.8	37.9	37.4	36.7	38.0	37.4	37.9	37.1	0.7	37.1
16:30	35.4	36.1	36.0	34.8	35.9	37.4	37.1	37.2	36.7	38.1	37.2	37.1	36.7	0.9	36.6
17:00	33.6	35.4	35.8	33.1	35.9	36.2	36.3	36.6	36.6	38.2	36.6	36.3	36.6	1.3	35.9



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Tabla 16. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #8 para los 10 días de orientación bioclimática “Este” en modulo experimental.**

MODULO EXPERIMENTAL "ESTE" 10 DIAS DE MEDICION PUNTO #8 TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR												
FECHA/ HORA	27/4/2019	28/4/2019	29/4/2019	1/5/2019	2/5/2019	3/5/2019	4/5/2019	5/5/2019	6/5/2019	9/5/2019	DES. ESTANDAR	PROMEDIO
07:00	26.3	27.4	26.4	26.6	27.3	27.1	25.9	25.9	26.3	27.0	0.6	26.6
07:30	26.7	28.3	27.1	26.6	28.4	27.7	26.2	26.2	27.1	28.5	0.9	27.2
08:00	27.1	29.1	27.7	26.5	29.2	28.2	26.4	26.4	27.8	29.9	1.3	27.8
08:30	28.7	30.0	29.8	27.4	29.7	29.5	28.0	28.0	28.4	30.7	1.1	29.0
09:00	29.5	30.9	31.8	28.2	30.7	30.7	29.1	29.1	28.8	31.4	1.2	30.0
09:30	30.3	32.0	32.6	30.3	31.8	32.0	29.8	29.8	29.1	32.0	1.2	31.0
10:00	31.1	33.1	33.3	32.4	32.9	33.3	31.3	31.3	29.6	32.6	1.2	32.1
10:30	31.9	33.8	34.3	33.1	33.5	33.6	32.2	32.2	30.0	32.0	1.3	32.6
11:00	32.7	34.5	35.2	33.6	34.0	34.0	33.1	33.0	30.3	31.4	1.5	33.2
11:30	33.0	35.2	35.8	33.9	33.6	34.3	34.0	34.1	31.9	30.7	1.5	33.7
12:00	33.4	35.9	36.3	34.6	33.4	34.7	34.8	34.7	33.6	29.5	1.9	34.1
12:30	34.2	35.9	36.2	34.3	33.0	35.1	35.7	35.2	35.2	30.1	1.8	34.5
13:00	34.5	35.9	36.1	34.2	32.9	35.6	35.6	35.2	35.4	30.7	1.7	34.6
13:30	34.9	35.9	36.0	33.7	32.9	36.0	35.6	35.3	35.5	31.2	1.6	34.7
14:00	34.6	36.4	35.9	33.8	32.7	36.4	35.5	35.3	35.7	32.4	1.4	34.9
14:30	34.3	36.6	36.1	33.9	32.7	36.1	35.3	35.3	35.8	33.1	1.3	34.9
15:00	34.2	36.8	36.3	33.7	32.8	35.8	35.7	35.7	36.0	33.8	1.4	35.1
15:30	33.9	37.1	36.7	33.5	32.8	35.3	35.9	35.9	35.7	34.4	1.4	35.1
16:00	33.7	37.3	37.0	33.4	32.8	34.8	36.1	36.1	35.5	35.8	1.5	35.2
16:30	33.6	37.4	35.5	34.7	32.3	34.1	35.6	36.1	35.2	36.3	1.5	35.1
17:00	33.5	37.7	33.9	36.0	31.8	33.4	35.1	36.0	34.7	35.9	1.7	34.8

**Tabla 17. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #8 para los 10 días de orientación bioclimática “Este” en modulo control.**

MODULO CONTROL "ESTE" 10 DIAS DE MEDICION PUNTO #8 TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR												
FECHA/ HORA	27/4/2019	28/4/2019	29/4/2019	1/5/2019	2/5/2019	3/5/2019	4/5/2019	5/5/2019	6/5/2019	9/5/2019	DES. ESTANDAR	PROMEDIO
07:00	26.6	27.9	26.3	27.0	27.8	27.4	26.2	26.2	26.6	27.6	0.7	27.0
07:30	27.0	28.6	27.1	27.1	28.9	28.0	26.4	26.4	27.9	29.3	1.0	27.7
08:00	27.4	29.3	27.9	27.1	29.6	28.5	26.6	26.6	29.1	30.9	1.4	28.3
08:30	29.0	30.1	30.2	28.0	30.1	29.8	28.3	28.3	29.7	31.6	1.1	29.5
09:00	29.8	30.9	32.4	28.9	31.1	31.0	29.5	29.5	30.2	32.3	1.2	30.6
09:30	30.6	32.3	33.6	31.1	32.3	30.3	30.3	30.3	30.4	32.8	1.2	31.4
10:00	32.0	33.7	34.8	33.3	33.5	31.8	31.8	31.8	31.0	33.3	1.2	32.7
10:30	32.9	34.2	35.2	34.2	34.4	32.9	32.9	32.9	31.1	32.7	1.2	33.3
11:00	34.1	34.7	35.6	34.7	35.3	34.0	34.0	34.0	31.2	32.1	1.4	34.0
11:30	34.7	36.0	36.9	35.1	34.8	35.1	35.1	35.9	33.4	31.5	1.5	34.9
12:00	35.3	37.3	38.1	35.9	34.5	36.2	36.2	36.9	35.6	30.3	2.1	35.6
12:30	36.2	37.6	38.0	35.6	34.0	37.3	37.3	37.8	37.8	31.0	2.2	36.3
13:00	36.6	37.8	38.0	35.5	33.9	37.2	37.2	37.4	37.8	31.8	2.0	36.3
13:30	37.0	37.9	38.0	35.2	33.8	37.0	37.0	37.1	37.8	32.5	1.9	36.3
14:00	36.3	38.1	37.9	35.1	34.1	36.9	36.9	37.0	37.9	34.0	1.5	36.4
14:30	35.8	38.2	38.5	35.0	33.6	36.6	36.6	36.6	37.9	34.7	1.6	36.4
15:00	35.5	38.3	39.1	34.7	33.3	37.0	37.0	37.0	37.9	35.5	1.8	36.5
15:30	34.9	38.6	38.6	34.5	33.0	37.2	37.1	37.1	37.6	36.3	1.8	36.5
16:00	34.6	38.9	38.0	34.3	32.6	36.9	37.3	37.3	37.4	37.8	2.0	36.5
16:30	34.5	39.0	36.5	36.1	32.0	35.6	36.7	36.7	37.1	38.3	2.0	36.2
17:00	34.3	39.3	35.0	37.8	31.3	34.3	36.0	36.0	36.6	37.8	2.3	35.8



**Tabla 18. Promedio, máximos, mínimos e índice de confort con valores de temperatura y humedad punto #8 - #7 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo experimental.**

PROMEDIO - MAXIMOS- MINIMOS - INDICE DE CONFORT "OESTE" EXPERIMENTAL									
	PROM. TEMP.	PROM. HUM.	MAX. TEMP.	MAX. HUM.	MIN. TEMP.	MIN. HUM.	IC=PROMED	IC=MAXIMA	IC=MINIMO
07:00	26.2	27.5	27.1	94.1	25.2	87.8	0.53	0.51	0.60
07:30	27.0	28.8	28.1	93.8	25.9	85.5	0.49	0.45	0.57
08:00	27.7	29.4	28.8	90.4	26.6	83.6	0.45	0.41	0.53
08:30	28.6	30.1	29.6	87.8	27.6	79.9	0.40	0.37	0.47
09:00	29.4	30.9	30.4	85.7	28.3	76.6	0.37	0.32	0.43
09:30	30.2	31.9	31.4	82.7	29.0	72.2	0.32	0.27	0.39
10:00	31.2	33.3	32.5	80.2	29.9	66.8	0.27	0.21	0.35
10:30	32.2	34.3	33.3	76.3	31.0	62.8	0.22	0.17	0.29
11:00	33.1	35.7	34.2	72.3	32.0	57.7	0.17	0.12	0.23
11:30	33.8	36.3	34.9	67.1	32.8	55.8	0.14	0.09	0.19
12:00	34.4	37.0	35.2	64.1	33.5	55.0	0.11	0.07	0.16
12:30	34.7	37.3	35.3	61.6	34.1	54.1	0.09	0.06	0.13
13:00	35.0	37.8	35.7	59.9	34.3	52.5	0.08	0.04	0.12
13:30	35.2	37.9	35.8	58.2	34.7	52.1	0.07	0.04	0.10
14:00	35.3	37.7	35.9	57.5	34.6	51.4	0.06	0.03	0.10
14:30	35.5	37.7	36.2	56.7	34.8	50.5	0.05	0.02	0.09
15:00	35.8	37.9	36.5	55.0	35.0	49.4	0.04	0.00	0.08
15:30	35.7	37.8	36.5	54.5	34.9	49.2	0.04	0.00	0.09
16:00	35.5	37.8	36.4	54.3	34.6	49.0	0.05	0.00	0.10
16:30	35.3	37.5	36.2	54.6	34.3	49.3	0.06	0.01	0.11
17:00	34.7	37.3	35.7	56.1	33.7	50.0	0.09	0.04	0.15

**Tabla 19. Promedio, máximos, mínimos e índice de confort con valores de temperatura y humedad punto #8 - #7 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo control.**

PROMEDIO - MAXIMOS- MINIMOS - INDICE DE CONFORT "OESTE" CONTROL									
	PROM. TEMP.	PROM. HUM.	MAX. TEMP.	MAX. HUM.	MIN. TEMP.	MIN. HUM.	IC=PROMED	IC=MAXIMA	IC=MINIMO
07:00	26.4	90.0	27.5	93.5	25.2	86.5	0.54	0.48	0.60
07:30	27.3	88.2	28.8	92.0	25.7	84.5	0.49	0.41	0.58
08:00	27.9	85.8	29.4	89.6	26.4	81.9	0.46	0.38	0.54
08:30	28.7	83.5	30.1	88.1	27.3	79.0	0.42	0.34	0.49
09:00	29.5	81.4	30.9	86.5	28.1	76.3	0.37	0.30	0.45
09:30	30.5	78.0	31.9	83.4	29.2	72.7	0.32	0.25	0.39
10:00	31.9	73.2	33.3	79.9	30.4	66.5	0.25	0.17	0.32
10:30	33.1	66.3	34.3	73.7	31.8	58.9	0.18	0.11	0.24
11:00	34.5	61.0	35.7	67.1	33.3	54.8	0.11	0.04	0.17
11:30	35.2	58.9	36.3	64.1	34.0	53.6	0.07	0.01	0.13
12:00	35.5	57.3	37.0	62.7	34.0	51.9	0.05	-0.03	0.13
12:30	35.8	55.0	37.3	60.3	34.2	49.8	0.04	-0.04	0.12
13:00	36.7	52.1	37.8	57.5	35.6	46.8	-0.01	-0.07	0.05
13:30	36.9	51.2	37.9	55.7	35.9	46.7	-0.02	-0.07	0.03
14:00	36.8	50.6	37.7	54.9	35.9	46.3	-0.02	-0.06	0.03
14:30	36.9	49.4	37.7	53.8	36.2	45.1	-0.02	-0.06	0.02
15:00	37.3	46.8	37.9	51.3	36.8	42.4	-0.04	-0.07	-0.02
15:30	37.3	47.1	37.8	51.1	36.8	43.1	-0.04	-0.07	-0.01
16:00	37.1	47.0	37.8	51.3	36.3	42.7	-0.03	-0.07	0.01
16:30	36.6	48.1	37.5	51.9	35.7	44.4	0.00	-0.05	0.04
17:00	35.9	50.1	37.3	53.4	34.6	46.9	0.03	-0.04	0.10



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Tabla 20. Promedio, máximos, mínimos e índice de confort con valores de temperatura y humedad punto #8 - #7 para los 10 días de orientación bioclimática “Este” en modulo experimental.**

PROMEDIO - MAXIMOS- MINIMOS - INDICE DE CONFORT "ESTE" EXPERIMENTAL									
	PROM. TEMP.	PROM. HUM.	MAX. TEMP.	MAX. HUM.	MIN. TEMP.	MIN. HUM.	IC =PROMED	IC=MAXIMA	IC=MINIMO
07:00	26.6	90.5	27.2	93.8	26.1	87.2	0.53	0.50	0.56
07:30	27.2	89.2	28.1	91.5	26.3	86.8	0.50	0.45	0.54
08:00	27.8	87.9	29.1	89.7	26.6	86.2	0.46	0.40	0.53
08:30	29.0	83.0	30.1	86.0	28.0	80.0	0.40	0.34	0.45
09:00	30.0	78.8	31.2	82.9	28.8	74.7	0.34	0.28	0.41
09:30	31.0	74.0	32.2	78.3	29.8	69.7	0.29	0.23	0.36
10:00	32.1	68.5	33.3	74.0	30.9	62.9	0.23	0.17	0.30
10:30	32.6	66.6	33.9	72.0	31.4	61.2	0.20	0.14	0.27
11:00	33.2	64.8	34.6	70.9	31.7	58.7	0.18	0.10	0.25
11:30	33.7	63.0	35.1	69.1	32.2	56.9	0.15	0.07	0.23
12:00	34.1	61.8	36.0	70.0	32.2	53.6	0.13	0.03	0.22
12:30	34.5	59.9	36.3	67.9	32.7	51.9	0.11	0.01	0.20
13:00	34.6	58.2	36.3	65.9	32.9	50.6	0.10	0.01	0.19
13:30	34.7	56.8	36.3	64.2	33.1	49.5	0.09	0.01	0.18
14:00	34.9	55.2	36.3	61.5	33.4	48.8	0.09	0.01	0.16
14:30	34.9	53.7	36.3	59.7	33.6	47.8	0.08	0.01	0.15
15:00	35.1	52.4	36.4	58.2	33.7	46.6	0.07	0.00	0.14
15:30	35.1	51.2	36.5	56.7	33.7	45.6	0.07	0.00	0.14
16:00	35.2	49.7	36.8	54.8	33.7	44.5	0.07	-0.01	0.14
16:30	35.1	50.4	36.5	54.0	33.6	46.8	0.07	0.00	0.15
17:00	34.8	51.6	36.5	55.3	33.1	47.9	0.09	0.00	0.18

**Tabla 21. Promedio, máximos, mínimos e índice de confort con valores de temperatura y humedad punto #8 - #7 para los 10 días de orientación bioclimática “Este” en modulo control.**

PROMEDIO - MAXIMOS- MINIMOS - INDICE DE CONFORT "ESTE" CONTROL									
	PROM. TEMP.	PROM. HUM.	MAX. TEMP.	MAX. HUM.	MIN. TEMP.	MIN. HUM.	IC =PROMED	IC=MAXIMA	IC=MINIMO
07:00	27.0	89.0	27.6	91.9	26.3	86.1	0.51	0.48	0.55
07:30	27.7	86.7	28.7	89.3	26.6	84.1	0.47	0.42	0.53
08:00	28.3	84.5	29.7	88.3	26.9	80.7	0.44	0.36	0.51
08:30	29.5	79.5	30.6	84.8	28.4	74.2	0.37	0.31	0.43
09:00	30.6	75.4	31.7	82.4	29.4	68.4	0.32	0.25	0.38
09:30	31.4	70.6	32.6	77.4	30.1	63.8	0.27	0.21	0.33
10:00	32.7	64.5	33.9	72.9	31.5	56.1	0.20	0.14	0.26
10:30	33.3	63.0	34.5	69.5	32.2	56.6	0.17	0.11	0.23
11:00	34.0	61.9	35.3	68.2	32.6	55.5	0.13	0.06	0.20
11:30	34.9	59.7	36.3	65.7	33.4	53.8	0.09	0.01	0.16
12:00	35.6	58.4	37.8	67.3	33.5	49.5	0.05	-0.07	0.16
12:30	36.3	55.9	38.5	65.1	34.0	46.7	0.01	-0.11	0.13
13:00	36.3	54.0	38.3	62.9	34.3	45.2	0.01	-0.10	0.12
13:30	36.3	52.4	38.2	61.1	34.5	43.7	0.01	-0.09	0.11
14:00	36.4	50.4	37.9	58.0	34.9	42.9	0.00	-0.07	0.08
14:30	36.4	49.6	37.9	55.7	34.8	43.6	0.01	-0.08	0.09
15:00	36.5	49.5	38.3	54.2	34.7	44.8	0.00	-0.09	0.09
15:30	36.5	48.9	38.3	53.1	34.7	44.8	0.00	-0.09	0.09
16:00	36.5	48.1	38.5	52.1	34.5	44.1	0.00	-0.10	0.10
16:30	36.2	48.7	38.2	52.8	34.3	44.5	0.01	-0.09	0.12
17:00	35.8	49.8	38.1	55.1	33.6	44.5	0.03	-0.08	0.15



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Tabla 22. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #6 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo experimental.**

MODULO EXPERIMENTAL "OESTE" 13 DIAS DE MEDICION PUNTO #6 TEMPERATURA AMBIENTE EXTERIOR															
FECHA/ HORA	15/5/2019	16/5/2019	17/5/2019	18/5/2019	19/5/2019	20/5/2019	21/5/2019	22/5/2019	23/5/2019	24/5/2019	25/5/2019	26/5/2019	27/5/2019	DES. ESTANDAR	PROMEDIO
07:00	27.2	26.2	26.2	25.7	26.5	26.7	27.1	27.9	27.9	27.9	27.6	35.3	28.7	2.4	27.8
07:30	27.8	27.0	27.0	26.7	27.2	27.1	28.7	27.9	28.4	28.7	29.0	33.9	29.0	1.9	28.3
08:00	28.3	28.5	27.7	27.7	28.3	27.6	29.5	27.8	29.0	29.2	30.3	34.0	29.2	1.7	29.0
08:30	29.5	29.3	28.5	28.8	29.3	28.2	30.3	29.4	30.2	29.6	31.6	34.0	29.5	1.5	29.9
09:00	30.1	29.3	29.3	29.8	30.4	28.7	30.6	30.2	30.9	30.3	32.2	34.0	29.8	1.4	30.4
09:30	30.7	30.3	30.0	30.9	31.5	29.0	30.9	31.0	31.5	32.1	32.5	35.7	30.0	1.6	31.2
10:00	31.4	30.1	30.8	32.0	32.6	30.3	32.5	32.0	32.5	33.9	32.8	37.3	30.3	1.9	32.2
10:30	32.1	31.1	31.8	33.1	33.8	31.7	34.0	32.9	33.0	33.9	32.8	37.7	31.5	1.7	33.0
11:00	33.0	33.4	32.7	34.2	34.9	33.0	34.9	34.9	33.5	33.9	32.8	38.1	32.6	1.5	34.0
11:30	33.5	33.7	34.0	35.0	35.7	34.7	35.8	35.8	34.4	33.9	34.2	38.2	33.8	1.3	34.8
12:00	33.9	34.4	35.3	35.8	36.5	35.1	35.7	36.8	34.9	34.6	35.5	38.3	35.0	1.2	35.5
12:30	35.4	34.7	36.5	36.5	37.3	35.6	35.5	37.1	35.3	35.0	36.5	37.8	36.1	1.0	36.1
13:00	36.1	34.4	37.8	37.3	38.0	36.8	36.2	37.4	36.4	35.3	37.4	37.6	37.3	1.1	36.8
13:30	36.8	35.5	37.7	37.9	38.6	37.4	36.8	37.5	37.0	33.6	37.5	37.3	38.2	1.3	37.0
14:00	37.0	35.6	37.6	38.5	36.6	38.1	38.6	37.8	37.5	31.9	37.8	37.1	39.1	1.8	37.2
14:30	37.1	36.3	37.5	39.0	36.9	38.4	39.4	38.4	38.2	36.4	38.4	36.8	39.9	1.2	37.9
15:00	37.2	38.6	37.4	39.6	37.8	39.0	40.3	39.0	38.9	38.6	39.0	38.6	40.8	1.0	38.8
15:30	37.4	39.1	37.3	39.2	38.0	39.1	40.6	38.8	38.4	40.8	38.8	40.8	40.5	1.2	39.1
16:00	37.1	38.4	37.3	38.7	37.8	39.3	40.8	38.6	38.1	40.8	38.6	40.8	40.1	1.3	39.0
16:30	37.0	37.8	37.2	36.9	37.2	38.7	40.1	38.5	37.8	40.1	38.5	40.1	39.8	1.2	38.4
17:00	36.8	36.7	37.1	35.1	35.8	36.8	39.3	36.6	37.4	39.4	36.6	39.4	36.6	1.4	37.2

**Tabla 23. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #6 para los 13 días de orientación bioclimática “Oeste” en modulo control.**

MODULO CONTROL "OESTE" 13 DIAS DE MEDICION PUNTO #6 TEMPERATURA AMBIENTE EXTERIOR															
FECHA/ HORA	15/5/2019	16/5/2019	17/5/2019	18/5/2019	19/5/2019	20/5/2019	21/5/2019	22/5/2019	23/5/2019	24/5/2019	25/5/2019	26/5/2019	27/5/2019	DES. ESTANDAR	PROMEDIO
07:00	26.6	27.1	27.4	26.9	27.1	26.9	27.1	28.4	28.9	28.3	28.9	37.3	29.0	2.8	28.5
07:30	27.6	28.4	28.5	28.3	28.9	28.2	30.1	28.9	29.5	29.0	30.4	38.6	29.2	2.8	29.7
08:00	28.8	31.4	29.6	29.8	30.4	29.2	31.6	29.4	30.0	29.5	31.1	36.6	29.5	2.0	30.5
08:30	29.8	32.7	30.7	31.2	31.9	30.5	33.1	31.6	31.2	29.8	31.8	35.5	29.7	1.6	31.5
09:00	30.4	32.4	31.7	32.7	33.4	31.5	34.5	32.7	31.9	30.4	33.1	34.5	29.9	1.5	32.2
09:30	31.6	32.8	32.8	33.4	34.1	32.2	35.9	33.8	32.5	31.8	33.8	35.8	30.2	1.6	33.1
10:00	32.9	33.4	33.9	34.1	34.8	33.4	37.2	35.5	33.5	33.1	34.4	37.1	30.4	1.8	34.1
10:30	34.0	33.8	34.7	34.8	35.5	34.8	38.4	37.1	33.9	33.3	35.1	37.2	31.3	1.9	34.9
11:00	35.0	33.9	35.5	35.5	36.2	36.1	37.7	38.7	34.3	33.3	35.8	37.3	32.2	1.8	35.5
11:30	35.1	34.4	36.0	37.3	38.1	36.9	36.9	39.5	34.6	33.4	36.0	37.2	33.1	1.9	36.0
12:00	35.5	33.9	36.6	39.2	39.9	37.2	36.0	40.3	34.8	33.9	36.2	37.0	34.0	2.2	36.5
12:30	35.6	34.4	37.1	41.0	41.8	37.6	35.1	39.0	34.9	34.2	35.7	36.4	34.9	2.5	36.7
13:00	35.4	35.8	37.6	42.4	43.7	39.6	34.8	38.1	35.1	34.4	35.1	36.1	35.8	3.0	37.2
13:30	38.8	36.6	37.3	42.6	43.7	40.2	34.5	37.5	35.2	36.6	35.1	35.8	37.7	2.8	37.8
14:00	42.2	38.4	37.0	42.8	40.1	38.4	37.8	36.3	35.3	38.7	36.3	35.6	39.6	2.4	38.3
14:30	41.1	38.7	36.7	42.6	39.4	38.5	39.4	39.7	36.3	41.0	39.7	35.4	41.5	2.1	39.2
15:00	49.0	39.0	36.4	42.4	38.1	41.8	41.0	43.1	37.3	42.1	43.1	41.0	43.4	3.3	41.4
15:30	48.2	39.2	36.1	40.3	37.6	41.5	42.2	39.4	36.7	43.2	39.4	42.2	42.4	3.2	40.6
16:00	37.9	39.6	35.8	37.8	37.4	38.8	43.4	37.6	36.4	44.8	37.6	43.4	41.5	2.9	39.4
16:30	33.8	38.5	35.5	35.7	37.1	37.4	41.5	35.7	36.1	42.2	35.7	41.5	40.5	2.8	37.8
17:00	31.7	34.8	35.1	33.6	36.3	35.8	39.5	36.4	35.6	39.6	36.4	39.5	36.4	2.3	36.2



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



**Tabla 24. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #6 para los 13 días de orientación bioclimática “Este” en modulo experimental.**

MODULO EXPERIMENTAL "ESTE" 10 DIAS DE MEDICION PUNTO #6 TEMPERATURA AMBIENTE EXTERIOR												
FECHA/ HORA	27/4/2019	28/4/2019	29/4/2019	1/5/2019	2/5/2019	3/5/2019	4/5/2019	5/5/2019	6/5/2019	9/5/2019	DES. ESTANDAR	PROMEDIO
07:00	27.2	28.5	27.4	27.7	29.6	28.1	26.9	26.9	27.3	35.3	2.5	28.5
07:30	27.8	29.3	28.0	27.8	30.2	28.8	27.4	27.4	28.5	35.1	2.3	29.0
08:00	28.3	30.1	28.6	27.8	30.5	29.4	27.9	27.9	29.6	34.9	2.1	29.5
08:30	29.5	31.0	30.7	28.8	30.8	30.5	29.1	29.1	30.0	35.3	1.9	30.5
09:00	30.1	31.9	32.7	29.8	31.3	31.6	29.9	29.9	30.3	35.6	1.8	31.3
09:30	30.7	32.6	31.9	31.3	32.1	32.6	30.4	30.4	30.5	35.7	1.6	31.8
10:00	31.4	33.3	31.1	32.7	32.9	33.6	31.5	31.5	30.9	35.7	1.5	32.5
10:30	32.1	33.7	33.4	33.6	33.6	34.3	32.6	32.7	31.3	34.6	1.0	33.2
11:00	33.0	34.0	35.6	34.1	34.3	35.0	33.8	33.9	31.6	33.5	1.1	33.9
11:30	33.5	35.4	36.4	34.5	34.3	35.7	34.9	35.7	33.5	32.5	1.2	34.6
12:00	33.9	36.8	37.1	35.3	34.3	36.5	36.0	36.5	35.5	30.3	2.0	35.2
12:30	35.4	37.7	37.6	35.8	33.9	37.3	37.1	37.4	37.4	30.8	2.2	36.0
13:00	36.1	38.2	37.9	36.1	34.3	38.1	37.5	38.0	37.7	31.4	2.2	36.5
13:30	36.8	38.6	38.2	36.4	34.5	39.0	37.9	38.3	38.0	31.9	2.2	37.0
14:00	37.0	39.7	38.6	36.8	34.8	39.8	38.3	38.6	38.4	33.0	2.2	37.5
14:30	37.1	40.2	39.5	37.1	35.0	39.7	39.1	39.1	38.7	34.0	2.1	37.9
15:00	37.2	40.7	40.3	36.8	35.1	39.5	39.8	39.8	39.0	35.0	2.1	38.3
15:30	37.4	41.2	40.6	36.7	35.2	39.3	40.1	40.1	38.7	36.0	2.1	38.5
16:00	37.1	41.5	40.8	36.5	35.3	39.0	40.4	40.4	38.4	38.1	2.0	38.7
16:30	37.0	41.8	39.0	37.8	34.7	37.8	39.7	40.3	38.0	39.2	1.9	38.5
17:00	36.8	42.2	37.1	39.1	34.0	36.5	38.9	40.1	37.4	39.3	2.3	38.1

**Tabla 25. Promedio de temperatura y desviación estándar punto #6 para los 13 días de orientación bioclimática “Este” en modulo control.**

MODULO CONTROL "ESTE" 10 DIAS DE MEDICION PUNTO #6 TEMPERATURA AMBIENTE EXTERIOR												
FECHA/ HORA	27/4/2019	28/4/2019	29/4/2019	1/5/2019	2/5/2019	3/5/2019	4/5/2019	5/5/2019	6/5/2019	9/5/2019	DES. ESTANDAR	PROMEDIO
07:00	27.3	29.7	28.8	27.8	30.2	29.0	27.9	27.9	27.7	37.3	2.9	29.4
07:30	28.8	31.1	30.0	28.6	30.9	30.3	28.6	28.6	28.9	36.3	2.4	30.2
08:00	30.3	32.4	31.1	29.4	31.4	31.6	29.3	29.3	30.0	35.3	1.9	31.0
08:30	32.3	32.3	32.8	30.7	31.7	33.8	30.7	30.7	30.5	35.9	1.7	32.1
09:00	33.3	32.2	34.4	31.9	32.4	35.9	31.6	31.6	30.9	36.5	1.9	33.1
09:30	34.3	33.3	35.3	32.8	33.2	35.9	32.2	32.2	31.1	36.4	1.7	33.6
10:00	34.8	34.3	36.1	33.6	33.9	35.8	33.4	33.4	31.6	36.2	1.4	34.3
10:30	35.2	34.5	36.2	34.3	34.6	36.6	34.5	33.4	32.9	35.6	1.1	34.8
11:00	35.3	34.7	36.2	34.8	35.2	37.3	35.6	33.4	34.2	35.1	1.1	35.2
11:30	35.3	37.5	37.0	35.1	34.9	38.1	36.7	34.3	34.5	34.5	1.4	35.8
12:00	35.3	40.3	37.7	35.8	34.7	38.5	37.9	34.7	34.8	33.4	2.2	36.3
12:30	37.4	41.5	39.3	36.0	33.4	39.0	39.0	35.1	35.1	34.0	2.7	37.0
13:00	38.5	42.0	40.4	36.1	34.4	39.4	39.2	36.8	36.7	34.5	2.5	37.8
13:30	39.5	42.6	41.1	35.4	35.0	39.9	39.5	37.9	38.3	35.0	2.6	38.4
14:00	38.4	41.1	42.6	36.4	37.7	40.3	39.7	38.7	39.9	36.1	2.1	39.1
14:30	37.6	40.4	43.7	37.4	36.3	40.1	40.2	40.2	41.5	36.5	2.4	39.4
15:00	37.1	39.6	44.7	36.4	35.4	39.8	41.3	41.3	43.1	37.0	3.1	39.6
15:30	36.1	41.0	42.9	35.8	34.7	40.3	41.9	41.9	41.6	37.5	3.0	39.4
16:00	35.2	41.9	41.1	35.3	33.5	40.8	42.4	42.4	40.1	38.4	3.3	39.1
16:30	34.8	42.6	39.3	37.2	32.8	38.1	41.3	41.3	38.6	38.8	3.0	38.5
17:00	34.3	43.8	37.4	39.1	32.0	35.3	40.1	40.1	35.6	38.8	3.4	37.7



**Tabla 26. Promedio de monitoreo en vivienda de interés social Cartagena, modulo Control y Experimental en puntos de medición #6 - #8 para condición de orientación bioclimática “Oeste” y “Este”.**

MONITOREO VIS CARTAGENA VS MODULO CONTROL					
ITEM	HORA	S1 TERRAZA (#6)	S2 CUARTO SECUN. (#8)	S3 PATIOS (#6)	S4 CUARTO P.PAL (#8)
VIS CARTAGENA	07:00	29.9	30.8	30.2	31.5
	07:30	30.9	31.3	31.2	31.9
	08:00	31.0	31.4	31.3	32.1
	08:30	31.5	31.7	31.8	32.4
	09:00	31.8	32.1	32.1	32.8
	09:30	32.2	32.4	32.5	33.1
	10:00	32.6	32.8	32.9	33.4
	10:30	32.8	33.0	32.9	33.6
	11:00	32.6	33.2	32.9	33.7
	11:30	32.6	33.3	32.9	33.9
	12:00	32.5	33.2	32.8	33.9
	12:30	32.1	33.2	32.5	33.8
	13:00	31.7	33.1	32.0	33.6
	13:30	31.3	32.9	31.6	33.4
	14:00	30.7	32.7	31.0	33.1
	14:30	30.3	32.5	30.5	32.9
	15:00	30.1	32.3	30.4	32.7
	15:30	29.2	32.0	30.4	32.7
16:00	29.2	31.7	29.4	32.1	
16:30	28.8	31.4	29.1	31.7	
17:00	28.5	31.1	28.8	31.5	
MODULO EXPERIMENTAL	07:00	27.8	26.2	28.5	26.6
	07:30	28.3	27.0	29.0	27.2
	08:00	29.0	27.7	29.5	27.8



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



	08:30	29.9	28.6	30.5	29.0
	09:00	30.4	29.4	31.3	30.0
	09:30	31.2	30.2	31.8	31.0
	10:00	32.2	31.2	32.5	32.1
	10:30	33.0	32.2	33.2	32.6
	11:00	34.0	33.1	33.9	33.2
	11:30	34.8	33.8	34.6	33.7
	12:00	35.5	34.4	35.2	34.1
	12:30	36.1	34.7	36.0	34.5
	13:00	36.8	35.0	36.5	34.6
	13:30	37.0	35.2	37.0	34.7
	14:00	37.2	35.3	37.5	34.9
	14:30	37.9	35.5	37.9	34.9
	15:00	38.8	35.8	38.3	35.1
	15:30	39.1	35.7	38.5	35.1
	16:00	39.0	35.5	38.7	35.2
	16:30	38.4	35.3	38.5	35.1
	17:00	37.2	34.7	38.1	34.8
MODULO CONTROL	07:00	28.5	26.4	29.4	27.0
	07:30	29.7	27.3	30.2	27.7
	08:00	30.5	27.9	31.0	28.3
	08:30	31.5	28.7	32.1	29.5
	09:00	32.2	29.5	33.1	30.6
	09:30	33.1	30.5	33.6	31.4
	10:00	34.1	31.9	34.3	32.7
	10:30	34.9	33.1	34.8	33.3
	11:00	35.5	34.5	35.2	34.0
	11:30	36.0	35.2	35.8	34.9
	12:00	36.5	35.5	36.3	35.6
	12:30	36.7	35.8	37.0	36.3
	13:00	37.2	36.7	37.8	36.3



EVALUACIÓN DEL CONFORT TERMICO EN UNA VIS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS DENTRO DE MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERIA.



	13:30	37.8	36.9	38.4	36.3
	14:00	38.3	36.8	39.1	36.4
	14:30	39.2	36.9	39.4	36.4
	15:00	41.4	37.3	39.6	36.5
	15:30	40.6	37.3	39.4	36.5
	16:00	39.4	37.1	39.1	36.5
	16:30	37.8	36.6	38.5	36.2
	17:00	36.2	35.9	37.7	35.8
ORIENTACIÓN		OESTE	OESTE	ESTE	ESTE



**Tabla 27. Promedios de monitoreo en vivienda de interés social Barranquilla, modulo Control y Experimental en punto de medición #8 para condición de orientación bioclimática “Este” y “Oeste”.**

ORIENTACIÓN BIOCLIMATICA	ELEMENTO	DESHABITADA	EXPERIMENTAL	CONTROL
	HORA	VIS TBS	#8 EXPERIMENTAL	#8 CONTROL
Orientacion Oeste	07:00	29.8	26.2	26.4
	08:00	30.8	27.7	27.9
	09:00	33.0	29.4	29.5
	10:00	35.1	31.2	31.9
	11:00	35.6	33.1	34.5
	12:00	36.5	34.4	35.5
	13:00	36.6	35.0	36.7
	14:00	35.8	35.3	36.8
	15:00	34.7	35.8	37.3
	16:00	32.3	35.5	37.1
	17:00	30.8	34.7	35.9
Orientacion Este	07:00	31.0	26.6	27.0
	08:00	33.0	27.8	28.3
	09:00	34.8	30.0	30.6
	10:00	37.5	32.1	32.7
	11:00	38.9	33.2	34.0
	12:00	38.9	34.1	35.6
	13:00	38.7	34.6	36.3
	14:00	36.9	34.9	36.4
	15:00	36.0	35.1	36.5
	16:00	33.7	35.2	36.5
		17:00	31.9	34.8



**Tabla 28. Promedios de monitoreo en vivienda de interés social Barranquilla, modulo Control y Experimental en punto de medición #7 para condición de orientación bioclimática “Este” y “Oeste”.**

ORIENTACIÓN BIOCLIMATICA	ELEMENTO	DESHABITADA	EXPERIMENTAL	CONTROL
	HORA	VIS HR %	#7 EXPERIMENTAL	#7 CONTROL
Orientacion Oeste	07:00	83.3	90.9	90.0
	08:00	81.2	87.0	85.8
	09:00	73.8	81.1	81.4
	10:00	65.4	73.5	73.2
	11:00	54.8	65.0	61.0
	12:00	53.7	59.6	57.3
	13:00	49.5	56.2	52.1
	14:00	46.5	54.5	50.6
	15:00	48.8	52.2	46.8
	16:00	56.9	51.6	47.0
	17:00	67.7	53.0	50.1
Orientacion Este	07:00	23.0	90.5	89.0
	08:00	22.8	87.9	84.5
	09:00	22.7	78.8	75.4
	10:00	22.5	68.5	64.5
	11:00	22.4	64.8	61.9
	12:00	22.4	61.8	58.4
	13:00	22.4	58.2	54.0
	14:00	22.5	55.2	50.4
	15:00	22.6	52.4	49.5
	16:00	22.8	49.7	48.1
	17:00	22.89	51.6	49.8