

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ARTES

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

MÁSTER EN ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

ANÁLISIS DEL CONFORT TÉRMICO DE EDIFICACIONES CONSTRUIDAS CON
TECNOLOGÍAS DE TIERRA Y ESTRUCTURA DE MADERA, EN MICROCLIMAS FRÍOS
DE LA SERRANÍA ECUATORIANA.

MÓNICA RIOFRÍO PEREDO

DIRECTORA DE TESIS MARÍA ANTONIETA SÁNCHEZ

CODIRECTOR MAURICIO MASACHE

QUITO – ECUADOR

2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	ii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	v
ÍNDICE DE ESQUEMAS.....	vi
ÍNDICE DE MAPAS	vii
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS DE MODELACIÓN	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPITULO 1:	4
1.1 ANTECEDENTES.....	4
1.2 PROBLEMÁTICA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS	7
1.4.1 Objetivos específicos:.....	8
1.5 HIPÓTESIS.....	9
CAPITULO 2:	10
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.1.1 Confort	10
2.1.2 Variables que inciden en el confort.....	10
2.1.3 Confort térmico.....	13
2.1.4 El clima y su influencia en el confort.....	15
a. Clima	15
b. Clima en el Ecuador	16
c. Clima en la zona de estudio: serranía ecuatoriana.....	19
d. Factores micro climáticos.....	20
CAPITULO 3:	23
3.1 MARCO CONTEXTUAL.....	23
3.1.1 Pertinencia	23
3.1.2 Estado del arte.....	24
CAPITULO 4:	28

4.1	METODOLOGÍA.....	28
4.1.1	Definir el caso de estudio.....	29
a.	Ubicación.....	30
b.	Estudio climatológico de la zona del caso de estudio.....	33
4.1.2	Definición de variables.....	35
4.1.3	Toma de datos.....	36
4.1.3.1	Selección de los períodos.....	36
4.1.3.2	Parámetros.....	36
a.	Temperatura.....	36
b.	Humedad.....	38
	Precipitaciones.....	39
4.1.3.3	Instrumentos.....	43
a.	Seleccionar instrumentos de medición.....	44
b.	Protocolos de medición.....	46
c.	Instalación de instrumentos de medición.....	49
4.1.4	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	50
a.	RESULTADOS ALA OESTE.....	50
b.	RESULTADOS ALA SUR.....	53
c.	RESULTADOS ALA ESTE.....	55
d.	ANÁLISIS COMPARATIVO RESULTADOS ALA OESTE.....	58
i.	Verificación de condiciones de Temperatura:.....	58
ii.	Verificación de condiciones de Humedad Relativa:.....	63
e.	ANALISIS COMPARATIVO RESULTADOS ALA SUR.....	67
i.	Verificación de condiciones de temperatura:.....	67
ii.	Verificación de condiciones de Humedad Relativa:.....	70
f.	ANÁLISIS COMPARATIVO RESULTADOS ALA OESTE.....	73
i.	Verificación de condiciones de Temperatura.....	73
ii.	Verificación de condiciones de Humedad Relativa:.....	78
CAPÍTULO 5:		83
5.1	MODELACIÓN Y PROPUESTA PARA LOGRAR CONFORT TERMICO DE LOS ESPACIOS DE ESTUDIO.....	83
5.1.1	Metodología.....	83
a.	Selección del programa de modelación.....	83
b.	Selección del Año Tipo.....	84
c.	Carga del archivo climático.....	86
d.	Carga de datos específicos de cada uno de los materiales constructivos.....	87

5.1.2 Propuesta Ala Oeste	89
5.1.3 Propuesta Ala Sur	90
5.1.4 Propuesta Ala Este	91
5.1.5 Modelaciones	92
CAPÍTULO 6:	102
6.1 Conclusiones y Recomendaciones	102
BIBLIOGRAFIA	105
ANEXOS	111

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 y Fotografía 2: Paredes de Tapial del Caso de estudio.....	4
Fotografías 3,4 y 5: Instalación de los equipos según protocolo	46

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1: Temperatura del aire	10
Esquema 2: Temperatura Radiante	11
Esquema 3: Humedad relativa del aire	12
Esquema 4: Velocidad del aire.....	13
Esquema 5: Recorrido Solar – Zona de estudio.....	21
Esquema 6: Recorrido Solar Ecuador	22
Esquema 7: Construcción en tierra cruda. Contexto mundial y local.....	29
Esquema 8: Equidistancia y operatividad de estaciones cercanas a zona de estudio.....	33
Esquema 9: Recorrido Solar Vista Aérea del Caso de Estudio	35
Esquema 10: Corte Ala Oeste	47
Esquema 11: Corte ala Sur.....	47
Esquema 12: Corte Ala Este	48
Esquema 13: Instalación equipos Ala Oeste	51
Esquema 14: Instalación equipos Ala Sur	53
Esquema 15: Instalación equipos Ala Este	55
Esquema 17: Ubicación de Alas de Estudio en Modelación	88
Esquema 17: Propuesta Ala Oeste – Vista en Planta.....	89
Esquema 18: Propuesta Ala Oeste – Vista en Corte.....	90
Esquema 19: Propuesta Ala Sur – Vista en Planta	90
Esquema 20: Propuesta Ala Sur – Vista en Corte	91

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Mapa de zonificación climática del Ecuador y criterio térmico	17
Mapa 2: Mapa de Zonas de Vida en Cantón Otavalo	19

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Distribución de construcciones en Imbabura.....	6
Diagrama 2: Porcentaje De Permisos De Construcción.....	30
Diagrama 3: Construcción en tierra en Imbabura	31
Diagrama 4: Construcción en tierra en San José de Quichinche	31
Diagrama 5: Promedio de Temperatura Promedio Mensual 1990-2013.....	37
Diagrama 6: Promedio de Humedad Relativa 1990-2013.....	38
Diagrama 7: Número de días de lluvia al mes 1990-2013.....	39
Diagrama 8: Promedio de Precipitaciones suma mensual 1990-2013.....	40
Diagrama 9: Temperatura media 1990-2013 Abril y Julio.....	41
Diagrama 10: Humedad relativa Tomalón 1990-2013	42
Diagrama 11: Promedio de Precipitaciones, suma mensual Abril y Julio 1990-2013.....	43
Diagrama 12: Resumen de Temperatura Abril 2017 Ala Oeste	59
Diagrama 13: Resumen de Temperatura Julio 2017 Ala Oeste	60
Diagrama 14: Resumen de Humedad Relativa Abril 2017 Ala Oeste	63
Diagrama 15: Resumen de Humedad Relativa Julio 2017 Ala Oeste	64
Diagrama 16: Resumen de Temperatura Abril 2017 Ala Sur	67
Diagrama 17: Resumen de Temperatura Julio 2017 Ala Sur.....	68
Diagrama 18: Resumen de Humedad Relativa Abril 2017 Ala Sur	70
Diagrama 19: Resumen de Humedad Relativa Julio 2017 Ala Sur	71
Diagrama 20: Resumen de Temperatura Abril 2017 Ala Este	74
Diagrama 21: Resumen de Temperatura Julio 2017 Ala Este	75
Diagrama 22: Resumen de Humedad Relativa Abril 2017 Ala Este	79
Diagrama 23: Resumen de Humedad Relativa Julio 2017 Ala Este.....	79
Diagrama 24: Curva del año Promedio	84
Diagrama 25: Curva del año 1994	85
Diagrama 26: Curva del año 2006	85
Diagrama 27: Resumen Comparativo	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rango de Variables para Confort Térmico	14
Tabla 2: Selección de uso de Estación Meteorológica	34
Tabla 3: Promedio de Temperatura promedio Mensual 1990-2013.....	37
Tabla 4: Promedio de Humedad Relativa 1990-2013.....	38
Tabla 5: Número de días de lluvia al mes 1990-2013.....	39
Tabla 6: Promedio de Precipitaciones suma mensual 1990-2013	40
Tabla 7: Selección de Meses de estudio	44
Tabla 8: Especificaciones técnicas de equipos utilizados.....	45
Tabla 9: Temperatura Radiante Ala Oeste.....	60
Tabla 10: Temperatura Pared Este Ala Oeste	61
Tabla 11: Temperatura Pared Oeste Ala Oeste	61
Tabla 12: Temperatura Exterior Ala Oeste	62
Tabla 13: Humedad Relativa Interior Pared Este - Ala Oeste.....	65
Tabla 14: Humedad Relativa Interior Pared Oeste - Ala Oeste.....	65
Tabla 15: Humedad Relativa Exterior - Ala Oeste.....	66
Tabla 16: Temperatura Radiante Ala Sur.....	68
Tabla 17: Temperatura Pared Norte -Ala Sur	69
Tabla 18: Temperatura Pared Sur - Ala Sur	69
Tabla 19: Temperatura Exterior Ala Sur	69
Tabla 20: Humedad Relativa Interior Pared Sur- Ala Sur	71
Tabla 21: Humedad Relativa Interior Pared Norte- Ala Sur	72
Tabla 22: Humedad Relativa Exterior- Ala Sur	72
Tabla 23: Temperatura Interior Espacio Oeste - Ala Este.....	75
Tabla 24: Temperatura Pared Oeste - Ala Este.....	76
Tabla 25: Temperatura Pared Este - Ala Este	76
Tabla 26: Temperatura Interior Espacio Este - Ala Este.....	76
Tabla 27: Temperatura Exterior - Ala Este.....	77
Tabla 28: Temperatura Radiante Ala Este	77
Tabla 29: Humedad Relativa Interior Espacio Oeste - Ala Este.....	80
Tabla 30: Humedad Relativa Interior Pared Oeste - Ala Este.....	80
Tabla 31: Humedad Relativa Exterior- Ala Este.....	81
Tabla 32: Humedad Relativa Interior Pared Este - Ala Este.....	81
Tabla 33: Humedad Relativa Interior Espacio Este - Ala Este.....	81
Tabla 34: Condiciones de diseño.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS DE MODELACIÓN

Figura de Modelación 1: Modelación Volumetría Simple.....	93
Figura de Modelación 2: Resultados Sefaira plug-in.....	94
Figura de Modelación 4: Análisis Del Confort Térmico De La Línea Base	96
Figura de Modelación 5: Análisis Usando Las Estrategias De Mejora	98
Figura de Modelación 6: Resumen de evaluación térmica	99
Figura de Modelación 7: Ala Este con Una Sola Claraboya	100
Figura de Modelación 8: Confort Lumínico Espacios de Estudio.	101

RESUMEN

El presente trabajo analiza las variables que influyen en el confort térmico al interior de espacios construidos con tecnologías que incluyan sistemas constructivos de tierra como el tapial, con cubiertas de teja y estructura de madera, en microclimas templados 17 °C y fríos 10°C de la sierra ecuatoriana. En esta zona coexisten microclimas con esas temperaturas medias debido a las diversas elevaciones entre los 1500 y los 6283m.s.n.m., pese a su cercanía con la línea ecuatorial.

Se busca investigar soluciones constructivas para estos sistemas en edificaciones que se encuentren fuera de la zona de confort 18 a 26 °C, (ISO 7730). Se evaluarán los factores de la construcción que influyen en el confort térmico, el comportamiento térmico de los materiales de su envolvente, sus pérdidas y ganancias de calor y basados en estos datos se pretende generar propuestas de mejora en el confort térmico interior, mediante el uso de estrategias sean éstas pasivas o activas.

Usando la metodología de investigación aplicada se selecciona un caso de estudio representativo, que permiten analizar diferentes condiciones del mismo sistema constructivo pero con variantes como: sus orientaciones, su grado de aislamiento con el exterior analizando sus relaciones con los espacios contiguos de existir estos, en una misma zona climática. Se ubica en Ecuador, provincia de Imbabura, Cantón Otavalo.

Se espera aportar con análisis que explique la mejor manera de realizar este tipo de estudios en la realidad local y que contribuya a plantear a las posibles opciones para mejorar las condiciones de habitabilidad de estos espacios, considerando las restricciones que este sistema constructivo conlleva.

ABSTRACT

The present work will analyze the variables that influence the thermal comfort inside spaces built with technologies that include earth land construction systems such as mud walls, with tile roofs and wooden structures, in microclimates of temperate 17 ° C and cold 10 ° C of the Ecuadorian highlands. In this area microclimates coexist with these average temperatures due to the different elevations between 1500 and 6283 m.s.n.m. despite its proximity to the equatorial line.

It investigates constructive solutions for these systems in buildings that are outside the comfort zone 18 to 26 ° C, (ISO 7730). The factors of construction that influence thermal comfort, the thermal behavior of the materials of its envelope, its heat losses and gains will be evaluated. Based on these data proposals for improvement are generated, through the use of passive or active strategies.

Using applied research methodology, a selected representative case study is chosen, which allows to analyze different conditions of the same constructive system but with variants such as: its orientation, its degree of isolation from the outside, its relations with the contiguous spaces if these exist, in the same climatic zone. The case study is located in Ecuador, province of Imbabura, Canton Otavalo. It is expected to contribute with analysis that explains the best way to carry out this type of studies in the local reality. Also to raise the possible options to improve the habitability conditions of these spaces, considering the restrictions that this constructive system entails.

CAPITULO 1:

1.1 ANTECEDENTES

El objeto de la presente tesis es el estudio de la tecnología constructiva de tierra, material que tiene grandes posibilidades de aplicación en la construcción y que aún mantiene su vigencia. De esta tecnología sólo se analiza un sistema: mampostería de tapial o tierra apisonada, pisos del mismo material y/o madera y cubiertas de teja con estructura de madera. Este plantea el uso de anchos muros construidos en tierra, que impiden una mayor ganancia solar directa, que se da habitualmente por los vanos. Al tratarse de paredes portantes no pueden tener vanos muy amplios pues la edificación perdería estabilidad.

Fotografía 1 y Fotografía 2: Paredes de Tapial del Caso de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2017

1.2 PROBLEMÁTICA

El problema detectado es la falta de confort térmico al interior de edificaciones de tierra en climas fríos de la sierra ecuatoriana, en edificaciones del sistema constructivo estudiado. La

falta de condiciones adecuadas para una vida confortable en espacios construidos de este modo, en ese clima específico.

Por su ubicación geográfica y su altitud, el clima en que se encuentran este tipo de edificaciones con temperaturas promedio entre los 10 y los 17 °C, el problema existente es lograr confort térmico interior sin “depender de sistemas electromecánicos para crear un microclima interior de confort ambiental” (**Lacomba, 2012**).

Por último, si no se consigue confort térmico interior de un modo natural, se crea otro problema: una demanda energética para obtenerlo. Esa demanda energética se revierte en el uso de más recursos para generarla.

1.3 JUSTIFICACIÓN

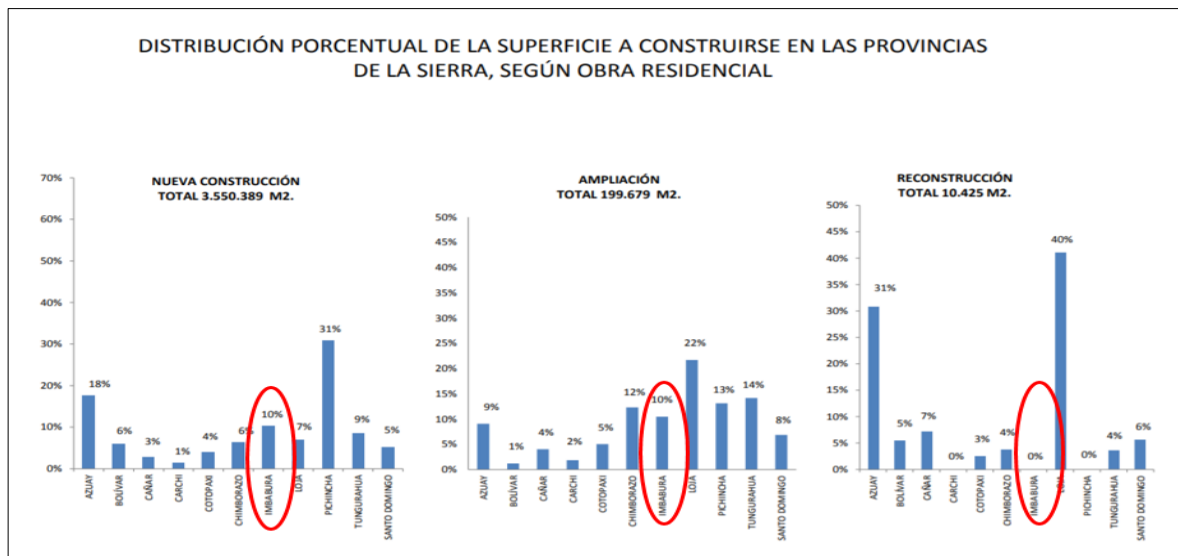
El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), en su documento Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas, identifica como deficiencias actuales al “desconocimiento sobre las características de los materiales y sistemas constructivos que respondan a las condiciones climáticas del país” (**INER, 2016**), esta investigación con las propuesta de adaptaciones que plantea, aporta a ese conocimiento en la zona climática y en edificaciones del sistema constructivo del presente estudio.

De acuerdo con los datos compilados, se desprende la necesidad de realizar investigaciones de este tipo que documenten el comportamiento térmico de materiales utilizados en el país y

edificaciones que pueden ser objeto de mejoras para alcanzar un mayor grado de confort interior.

Una de las provincias de la sierra del país es Imbabura, en la misma de acuerdo a datos INEC 2014 del Diagrama 1, se posiciona como la tercera provincia (10%) de la zona con nueva construcción y la quinta en ampliaciones (10%), sin embargo, no registra datos (0%) para la mejora y reconstrucción.

Diagrama 1: Distribución de construcciones en Imbabura



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y censos (INEC), Anuario de Estadísticas de Edificaciones, 2014

Elaboración: Elaboración propia, 2018

El propósito de evitar el gasto energético de una nueva construcción implica la reconstrucción de obra residencial existente. En las provincias de la sierra norte, los índices de reconstrucción son muy bajos, a pesar de contar con un 22,18 % de construcciones en Adobe o Tapial y el 37.23 % de cubiertas de teja (INEC, 2014) . En Imbabura es 0 % por lo que urge

implementar estudios que avalen la posibilidad de reconstruir edificaciones logrando mejores condiciones de vida, que pueden seguir sirviendo en lugar de observar de manos cruzadas su lento deterioro.

Esta tesis pretende ser un aporte en esa línea investigando la posibilidad de lograr confort térmico aplicando estrategias pasivas, y o activas, en construcciones tradicionales.

Se propone la revitalización de edificaciones construidas con esta tecnología, pero esta vez considerando el confort térmico posible de alcanzar con estrategias pasivas. Se considera pertinente dejar un registro y plantear recomendaciones que ayuden en futuros trabajos que incluyan este tipo de problemas, pues no existe en la actualidad un documento que reúna esta información.

Finalmente, luego de comprobar con la simulación la posibilidad de aplicar de estrategias pasivas¹ y con ello solucionar el problema de confort térmico interior, también se favorece la posibilidad de minimizar el uso de energía para climatizar los ambientes interiores. Esa disminución es pertinente ante la crisis energética actual.

1.4 OBJETIVOS

Aportar con un análisis de confort térmico que describa paso a paso, la mejor manera de realizar estudios, como el planteado por la presente tesis, en la realidad local para que contribuya con las posibles opciones que permitan mejorar las condiciones de habitabilidad de

¹ Ejemplos: Invernaderos adosados, aislamiento de pisos, apertura de claraboyas, muro Trombe-Michel.

los espacios estudiados, considerando las restricciones que el sistema constructivo en tierra conlleva.

Proponer las estrategias más efectivas para lograr confort térmico, en edificaciones del sistema constructivo estudiado: mampostería de tierra, específicamente el tapial, pisos de tierra y/o madera y cubiertas de teja con estructura de madera, en microclimas fríos de la serranía ecuatoriana.

1.4.1 Objetivos específicos:

Realizar un registro documentado de las variables del confort térmico, mediante las mediciones internas y externas de edificaciones del sistema constructivo en tierra estudiado, en clima frío, en espacios de diferentes condiciones.

Evaluar el desempeño de esta edificación, mediante los resultados de las mediciones de temperatura exterior, interior y radiante y la humedad relativa.

Proponer y probar soluciones en edificaciones existentes, mediante simulación por computador, para evitar el gasto energético de una nueva construcción.

1.5 HIPÓTESIS

Es posible optimizar el confort térmico en los espacios interiores de las edificaciones construidas con sistemas constructivos de tierra y estructura de madera, en microclimas fríos de la serranía ecuatoriana, mediante estrategias pasivas y activas.

CAPITULO 2:

2.1 MARCO CONCEPTUAL

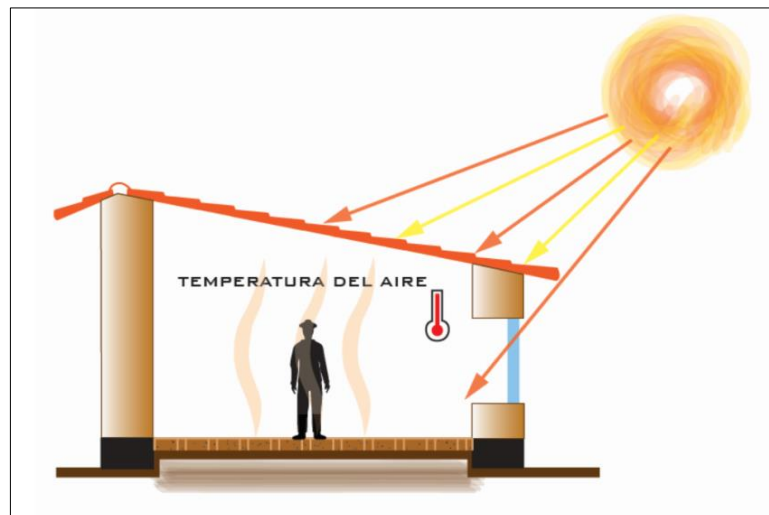
Se abordan los conceptos requeridos para la correcta comprensión de la presente tesis.

2.1.1 Confort

De acuerdo con Víctor Fuentes Freixanet, entendemos este término como un estado mental y físico en el cual un ser humano encuentra bienestar en el ambiente que lo rodea. El confort “se refiere a un estado de percepción ambiental momentáneo (casi instantáneo)” (**García Tavera, 1999**) que se encuentra determinado por factores externos e internos.

2.1.2 Variables que inciden en el confort

Esquema 1: Temperatura del aire

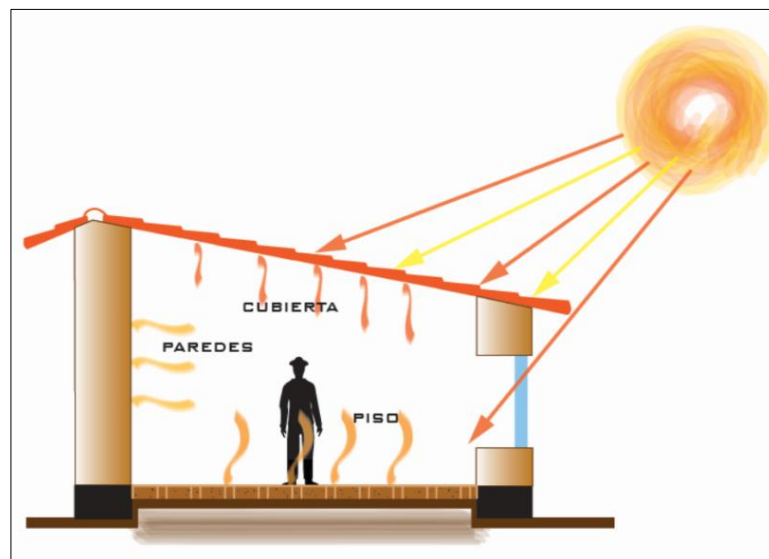


Fuente: Elaboración propia, 2018

La primera variable que influye para considerar si un espacio se encuentra confortable es la temperatura de bulbo seco del aire entendida como el nivel térmico que alcanza un elemento, en este caso gaseoso. Este elemento se compone de moléculas que se mueven continuamente y poseen una energía que al sumarse es conocida como energía térmica, la temperatura es la medida de esa energía. El INAMHI en su anuario meteorológico la define como aquella temperatura que se mide en un termómetro expuesto al aire y protegido de la radiación solar directa. Para este estudio será registrada en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$).

La siguiente variable por considerar es la temperatura radiante, se trata de aquella que en la cual también influyen las temperaturas de las superficies de los cuerpos que se encuentran dentro del espacio estudiando y su pérdida de calor por radiación, debido a que influirán en la sensación térmica del usuario.

Esquema 2: Temperatura Radiante

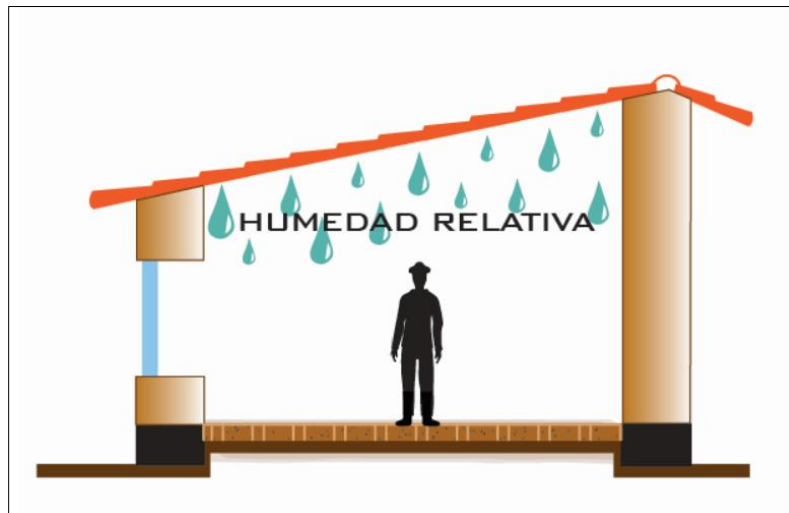


Fuente: Elaboración propia, 2018

La humedad relativa del aire, según la Guía de Arquitectura Bioclimática del Instituto de Arquitectura Tropical, es una relación entre la cantidad de vapor de agua contenido a la temperatura ambiente y la máxima cantidad del mismo que puede contener el aire a la misma temperatura. (Ugarte, s. f.)

Para el INAMHI, es una relación, que siempre se expresa en porcentaje, entre la fracción molar de vapor de agua en el aire y la fracción molar que le correspondería cuando el aire se hubiera saturado con respecto al agua, a una presión y temperatura dadas.

Esquema 3: Humedad relativa del aire



Fuente: Elaboración propia, 2018

En nuestro caso será relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el interior del espacio estudiado, bajo las condiciones de temperatura del mismo, y la cantidad de vapor de agua que el espacio sea capaz de registrar como porcentaje mediante los instrumentos seleccionados para medirla.

La variable llamada velocidad del viento se refiere al movimiento del aire con respecto a la superficie (INAMHI), posee dirección y velocidad, se mide en metros por segundo y al interior de los espacios sigue las direcciones de las aperturas que permiten su ingreso.

Esquema 4: Velocidad del aire



Fuente: Elaboración propia, 2018

2.1.3 Confort térmico.

Se entiende confort térmico como aquella sensación que produce satisfacción con el ambiente térmico del local que se habita, según la ISO 7730 “es una condición mental en la que se expresa satisfacción con el ambiente térmico”, depende de parámetros externos como la

temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire y de parámetros internos como cantidad de ropa, metabolismo y actividad física desarrollada.

La precepción de ese bienestar que es el confort térmico se alcanza entonces al lograr el equilibrio térmico entre el balance de pérdidas y ganancias de calor que nos permita conservar nuestra temperatura corporal normal a 37°C

Tabla 1: Rango de Variables para Confort Térmico

Rango De Variables Para Confort Térmico

NORMATIVA INTERNACIONAL	NORMATIVA ECUATORIANA	TEMPERATURA DEL AIRE	TEMPERATURA RADIANTE MEDIA	HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE	VELOCIDAD DEL AIRE
ISO 7730	NEC 11 CAPITULO 13	18°C	18°C	40%	0 m/s
		26°C	26°C	65%	2 m/s

Fuente: Elaboración propia, 2018

De acuerdo con la norma INEN-ISO 11079, confort térmico será el equilibrio térmico en un rango de temperatura en la cual se siente agradable habitar en determinados espacios. Se vuelve sustancial analizar las condiciones ambientales de estos espacios, tales como humedad, temperatura, velocidad del aire. Respecto a los usuarios de dichos espacios, su tipo de actividad y vestimenta para poder evaluar su comportamiento respecto a los parámetros térmicos.

El artículo titulado: El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados (**Gomez, 2007**), propone la existencia dos enfoques para su medición. El cualitativo que surge del modelo de adaptación y en él lo determinante es el comportamiento humano y el cuantitativo generado a partir de los modelos de predicción y se determina por parámetros objetivos: la temperatura del aire, la temperatura radiante, la humedad relativa y la velocidad del aire.

Ante la imposibilidad de realizar un análisis exhaustivo del comportamiento humano de los usuarios, que requeriría un acercamiento mayor generando un ambiente adecuado que permita la recolección fidedigna de datos respecto a las horas y frecuencia de uso de los espacios que se estudian, se opta por usar modelos de predicción y su análisis cuantitativo.

2.1.4 El clima y su influencia en el confort

a. Clima

El Clima no es un concepto aislado sino la resultante de combinar algunos de factores o fenómenos atmosféricos que suceden con cierta periodicidad en una determinada región, además se relacionan con la geografía que los contienen como la altitud, latitud y el relieve. Inicialmente se lo vinculó solamente al sol y la manera en la cual incide sobre algún sitio, de allí su nombre que procede del griego Klima, cuyo significado etimológico es "inclinación", refiriéndose a la que tenían los rayos solares sobre la tierra. Este concepto para la Real Academia Española es el “conjunto de factores o fenómenos atmosféricos y meteorológicos que caracterizan una región y determinan las condiciones ecológicas propias del lugar”

En la presente tesis, se define al clima como la combinación de fenómenos meteorológicos con la geografía de un lugar específico, de modo que juntos determinan ciertas características que influyen en el confort térmico del mismo. Se deja en claro así, que no será solamente la temperatura o la humedad o la velocidad del aire por si sola que influirá, sino todos en conjunto y en esa precisa altitud, longitud y elevación determinadas.

b. Clima en el Ecuador

El territorio ecuatoriano se sitúa hacia el Noroeste de América del Sur entre los paralelos $1^{\circ} 28'$ N. y $05^{\circ} 02'$ S., y los meridianos $75^{\circ} 11'$ W. y $81^{\circ} 04'$ W.

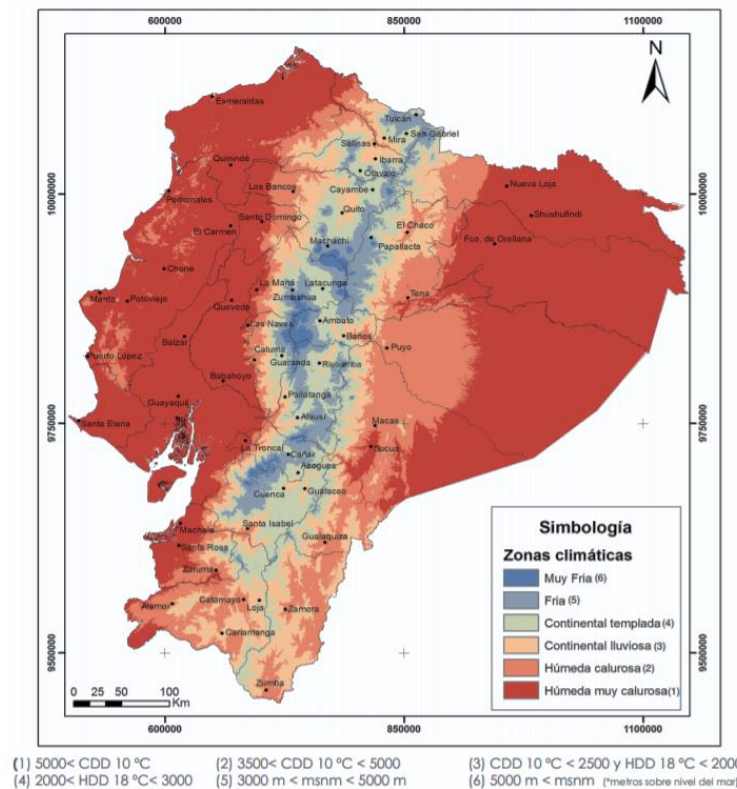
De acuerdo al Instituto Geográfico Militar (Ed.), Atlas de la República del Ecuador, 2da ed., 2013 en el Ecuador continental; “la presencia del mar con sus corrientes marinas, las llanuras amazónicas y la cordillera de los Andes, provocan desigual insolación, vientos anárquicos y regímenes pluviales distintos”.

En el Ecuador continental según datos del INAMHI, existen dos aspectos importantes que influyen en su clima; la Cordillera de los Andes y su ubicación geográfica sobre la línea ecuatorial.

En el relieve cordillerano la temperatura media, varía desde los 6°C hasta los 27°C en las diferentes regiones naturales, esto se debe a la influencia del factor altitud. Es por ello que a muy cortas distancias, en algunas localidades se presentan condiciones climáticas bastante diferenciadas. (Guillén, 2014)

La ubicación geográfica sobre la línea ecuatorial determina la incidencia solar y la generación de vientos que influyen en el clima. La incidencia solar es constante a lo largo de todo el año, lo que condiciona a que no existan mayor diferencia entre la temperatura media de invierno y la de verano. Respecto a los vientos, de acuerdo al Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Climático (IAI) Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente, Cambio climático y biodiversidad en los Andes tropicales., 2012, el clima en Ecuador también se ve alterado por la presencia de la banda de bajas presiones que rodea la tierra cerca de la línea ecuatorial, que determinan convergencia de los vientos alisios provenientes de ambos hemisferios en esta Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

Mapa 1: Mapa de zonificación climática del Ecuador y criterio térmico



Fuente: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), Estrategias para Mejorar la condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en Viviendas, 2015

El desplazamiento de esos vientos genera perturbaciones, nubosidad densa y precipitaciones de intensidad variable. Este desplazamiento es el que determina la existencia de dos estaciones al año; la lluviosa y la seca. Esta situación se da en Ecuador porque la humedad ambiental provoca el ascenso y enfriamiento del aire de origen oceánico, cuando proviene de la región costera y el enfriamiento de origen continental, del aire que viene de la región amazónica.

De acuerdo estudios del IAI las hoyas interandinas influenciadas por Amazonía tienen un ambiente más estable en cuanto a humedad relativa pero en cuanto a temperatura la variabilidad será mayor entre una y otra.

Resumimos para la presente tesis que por su ubicación geográfica cercana a la línea ecuatorial el clima en el país no se divide en cuatro estaciones. Estar atravesado por la Cordillera de Los Andes le provee de una gran variedad de relieves, estos dos factores combinados generan una variedad que incluye en el área continental del país las siguientes condiciones: 3 regiones que son Litoral, Interandina y Oriental, 12 zonas térmicas desde climas húmedos (ArA' a B3sB'4), subhúmedos (C2dA' a C2wB'2) y secos (DdA' a Ed B'3) y por último 6 zonas climáticas, desde la ZT1 con 6-10 °C hasta la ZT6 entre 25 a 27°C.

Para determinar esos datos, René Moya, del INAMHI y autor del documento referido contó con la información de 140 estaciones meteorológicas, en una serie de mínimo 30 años de registros y se basó en la metodología de Thornthwaite que consideran también la influencia de la vegetación y su evapotranspiración.

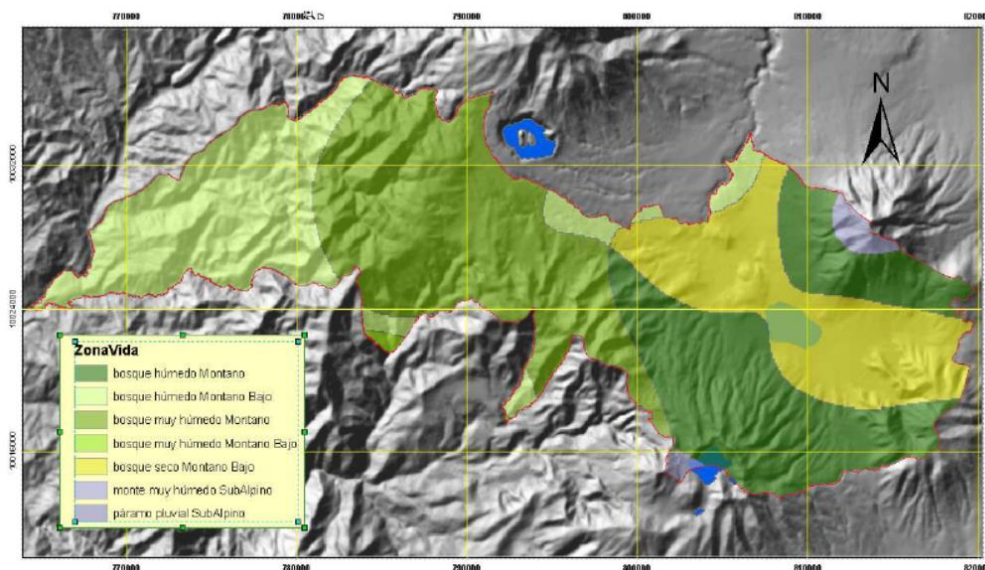
Otro investigador ecuatoriano Luis Cañadas Cruz, mapa bioclimático y ecológico del Ecuador, (Cañadas Cruz, 1983) propone un cuadro que analiza no solamente altitud y temperatura sino también zonas de vida según Holdridge, clasificando regiones desde el desierto tropical con altitudes de 0 a 300 m.s.n.m., con temperaturas de 23°C a 26°C y hasta el páramo muy lluviosos con altitudes de 4000m.s.n.m. en adelante y temperaturas menores a 3°C.

c. Clima en la zona de estudio: serranía ecuatoriana.

La zona de estudio seleccionada Provincia de Imbabura, Cantón Otavalo, pertenece a la región interandina, su zona climática es la ZT2 (entre 12°C a 14°C promedio), su zona térmica, es B3s B'4 (clima húmedo), y según Holdridge sus Zonas de vida son las que se identifican en el Mapa 2, desde el Bosque húmedo montano hasta el páramo pluvial subalpino.

Mapa 2: Mapa de Zonas de Vida en Cantón Otavalo

Figura 42. Mapa de zonas de vida actuales identificadas en el Cantón Otavalo.



Fuente: PDOT - Otavalo, 2015

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Otavalo (PDOT- Otavalo), se cuenta con tres estaciones climatológicas, que permiten monitorear las variaciones de los parámetros de clima. Estas son las de Otavalo, San Pablo e Inguincho, la última es la más cercana en la ubicación de los casos de estudio de la presente tesis. La estación meteorológica de Inguincho M001, del tipo de Estación Ordinaria, se localiza a $0^{\circ} 15' 30''$ de latitud Norte y a $78^{\circ} 24' 03''$ de longitud W, a 3140 msnm. en la Provincia de Imbabura. Como se explicará a futuro en la Metodología se encontró otra estación en la provincia de Pichincha: Tomalón, ya que el caso de estudio se encuentra equidistante entre Inguincho y Tomalón y esta última tiene condiciones similares en altura sobre el nivel del mar y se la seleccionó para la toma de datos meteorológicos.

Respecto a las precipitaciones el 72,8 % del territorio recibe entre 1000 mm. a 2000 mm. de lluvia al año. En cuanto a temperaturas en el 57 % el rango fluctúa entre los 10 a los 14° C. La Humedad relativa es alta, varía entre los 78% al 87%, y su máxima se da en abril. Esta condición determinó que la toma de datos para nuestro estudio se realizara durante ese mes.

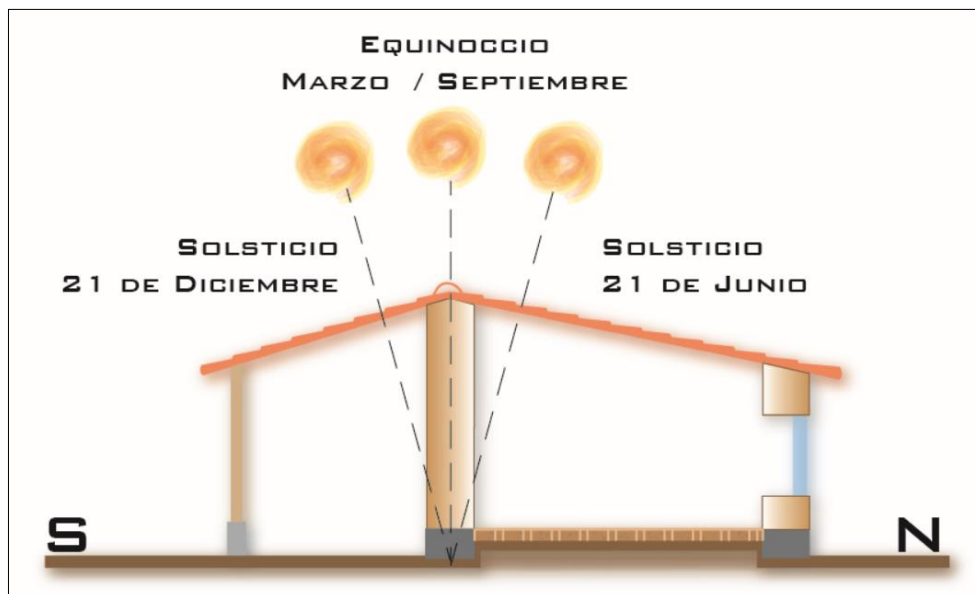
En cuanto a la velocidad del viento, se registran valores en un rango de 1.5 a 6.8 m/s. La nubosidad varía entre 5 a 6 octas de cielo cubierto y la heliofanía reporta un promedio de 1945 horas de sol como promedio multianual.

d. Factores micro climáticos

Los elementos que influyen en la generación de microclimas específicos son: las edificaciones próximas, las pendientes del terreno, la vegetación que lo circunde, y la proximidad alguna de masa de agua. La existencia de edificaciones cercanas puede cambiar la dirección de los vientos y provocar sombras, que impidan el paso de la radiación solar, en los casos de estudio seleccionados. Es importante constatar en cada uno de ellos la posible influencia de las edificaciones próximas.

La vegetación es uno de los elementos que pueden alterar el microclima, si se la usa correctamente como pantalla para los vientos puede apoyar a favor de las edificaciones, pero en el caso de bloquear un correcto asoleamiento de las construcciones estudiadas sería contraproducente. Se tendrá en cuenta entonces su influencia.

Esquema 5: Recorrido Solar – Zona de estudio

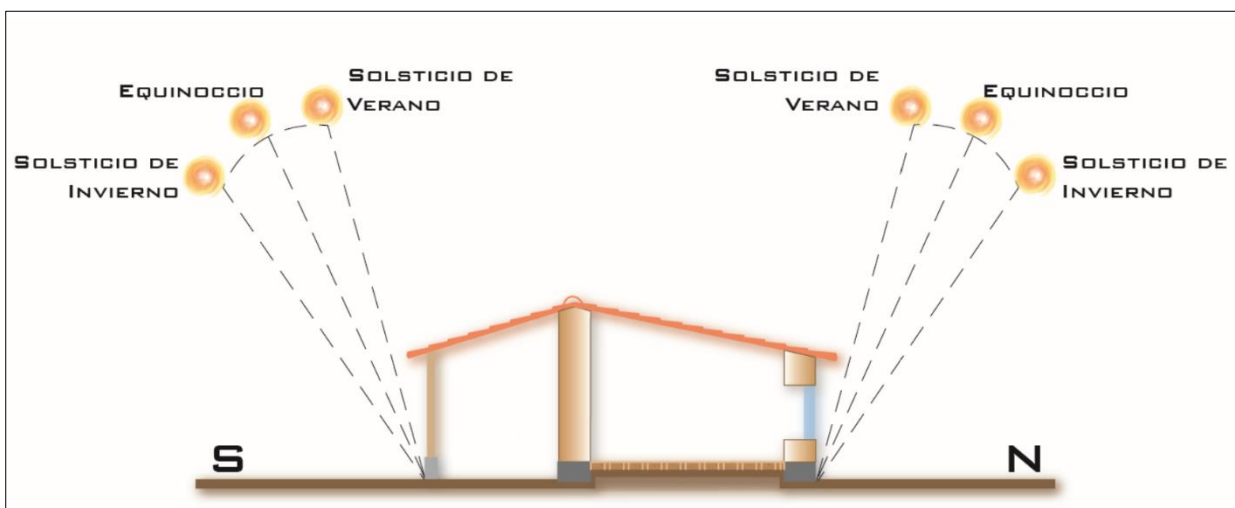


Fuente: Elaboración propia, 2018

En cuanto a las pendientes del terreno se debe verificar que no se generen las “sombras de viento de sol”². Para que no alteren el microclima circundante en cuanto al registro de las variables de temperatura y humedad relativa que se requieren para hacer un correcto cálculo del confort de cada edificación.

Respecto a las masas de agua en la zona de estudio no existen ni ríos ni lagos cercanos que pudieran generar corrientes de aire frío, simplemente una pequeña quebrada con una acequia a 500 metros de uno de las tres situaciones estudiadas, se verificará si causa alguna alteración.

Esquema 6: Recorrido Solar Ecuador



Fuente: Elaboración propia, 2018

² Se entiende como sombra de viento y sol al área en la cual por alguna obstrucción de un sólido (la elevación del terreno) se obstruyen el paso del viento y la luz solar.

CAPITULO 3:

3.1 MARCO CONTEXTUAL

3.1.1 Pertinencia

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el Censo de Materiales de Construcción en el país, en la “Tabla Paredes, Techo” se evidencia que el Ecuador es un país con un alto porcentaje de edificaciones que utilizan el sistema constructivo en tierra, la provincia de Imbabura específicamente 22,18 % de construcciones en Adobe o Tapial y el 37.23 % de cubiertas de teja. De acuerdo a la misma fuente en valores absolutos corresponde un total de viviendas de 101086, por lo que el 22,18 % corresponde 22420³ edificaciones de vivienda construidas con ese sistema constructivo.

Por otra parte, una vez revisados los documentos de inventario de edificaciones, se verifica que el país cuenta con 22 ciudades declaradas patrimonio por la Organización especializada de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y el mayor porcentaje de edificaciones inventariadas utilizaron el sistema constructivo de mampostería de tierra y cubierta de teja con estructura de madera. Además la mayoría se edifica en el callejón interandino, una de sus provincias es Imbabura. Existe un Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), creado en 1978, que tiene como principio “velar por la realidad cultural del

³ De acuerdo a cálculo por regla de tres, con el 22,18 % sale este valor, mientras en la tabla de valores absolutos la provincia de Imbabura figura con 22418 edificaciones.

país, expresada en todas las manifestaciones de su historia”⁴. La manifestación arquitectónica del sistema constructivo estudiado tiene relevancia y preservar edificaciones construidas con él es entonces importante.

3.1.2 Estado del arte

Respecto a lo que se ha escrito recientemente en Ecuador, de acuerdo a Lara “con el uso y la técnica apropiada, la construcción tradicional ancestral en tierra cruda puede mantener ese patrimonio intangible que ha perdurado hasta nuestros días” (Lara ,2017).El autor hace un estudio sobre las patologías que presentan en las edificaciones en el sistema constructivo que se estudia en la presente tesis, en edificaciones ubicadas en la sierra sur del Ecuador.

Las construcciones de nuestro estudio son para Yépez “la respuesta básica y lógica de adaptación a un entorno determinado” (Yepez Tambaco, 2012) El autor mantiene la posibilidad de reinterpretar elementos constructivos como tierra y madera, para llegar a potencializarlos en una arquitectura contemporánea, cambiando algunas características como disminuir el ancho de las paredes de soporte y aumentar su resistencia con bloques de tierra prensados. Pero no se encuentran referencia al comportamiento térmico, de las mamposterías en tierra, en su trabajo.

Este tema interesa también en Latinoamérica y se lo vincula con el uso apropiado de la energía solar, que “proporciona bienestar, iluminación, temperatura interior adecuada al clima

⁴ Principios del INPC

y ahorro y debería ser parte integral del diseño arquitectónico” (Lacomba, 2012). Esta autora, quien compila artículos sobre lo que llama la arquitectura solar, y su uso en “estructuras de tierra, agua y sol”, plantea en su libro que el calentamiento solar pasivo se obtiene por ganancia solar directa, por sistemas combinados (directos e indirectos), por sistemas de calentamiento de agua y finalmente por sistemas híbridos que incluyen el calentamiento solar activo y pasivo. Se tomarán como referencia para esta tesis, especialmente las estrategias pasivas, que no consumen energías no renovables. No descartamos absolutamente el uso estrategias activas pero se las considerará como la última opción.

La red temática Habiterra5, en su publicación “Arquitecturas de tierra en Iberoamérica” especifica particularidades técnicas de este tipo de construcción. Destaca que se hace imprescindible su protección respecto a la humedad del suelo y a la erosión que puede causar la lluvia. Según el Arq. Luis Silvio Ríos en su artículo “Paredes Monolíticas”, del mismo libro, son condiciones indispensables para un muro de tierra que pretenda tener una vida larga y útil: “la construcción de un zócalo que impide el paso de las humedades del suelo y a la vez evite la erosión del muro por salpicadura en las capas inferiores, así como un techo cuya impermeabilidad esté asegurada” (Viñuales, 1994). Se estudiará, en la presente tesis, la posibilidad de usar esos espacios inferiores si existen en los casos de estudio, o bien de crear zócalos como opción que permita climatizar los espacios interiores.

⁵ Red Temática del Programa de Ciencia y Tecnología para el desarrollo, patrocinada por la Agencia española de Cooperación Iberoamericana.

Otra red que investiga sobre este tipo de construcciones es PROTERRA⁶, se trata de un colectivo de cooperación técnica que apoya la investigación y desarrollo de la construcción con tierra. Especialistas sobre el tema documentan, en centros de investigación y universidades, sus actividades dedicadas al estudio y aplicación de la tierra como material de construcción.

Se debe considerar en este estado del arte, al autor alemán Gernot Minke, con sus investigaciones y manuales de construcción⁷. Su estudio exhaustivo sobre el tapial y el adobe serán útiles al documentar sobre ambos materiales. Respecto al aislamiento térmico del tapial, al hablar de los requerimientos en climas extremos de países europeos y con modernos muros de tapial prensado de 0,30 m. señala que “utilizando suelos normales no es suficiente para lograr los niveles requeridos de aislamiento térmico en climas fríos” (Minke, 2013). Se deberá evaluar para el clima específico de nuestro caso de estudio y con las dimensiones de las construcciones en la sierra ecuatoriana, con muros desde 0,50 a 1,00 m y en otras condiciones climáticas.

Últimas investigaciones como el “Estudio de Evaluación Experimental de Cambios Constructivos para lograr Confort Térmico en una vivienda alto-andina del Perú” (Espinoza, Saavedra, Molina, Huaylla, Gutarra. Molina, Barrionuevo y Lau , 2017). En este documento, se monitorean variables como: temperatura, iluminación y humedad relativa, temperatura radiante en interiores. Y también se monitorean en exteriores las variables: temperatura seca,

⁶ Red iberoamericana creada en octubre de 2001 como un Proyecto de Investigación del CYTED – Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

⁷ Los ha publicado en tierra, fardos de paja y bambú, obviamente el de tierra será el de nuestro mayor interés.

humedad relativa, radiación solar y velocidad y dirección del viento. La investigación plantea que los datos les permitieron obtener resultados representativos.

Además, el diagnóstico térmico de la misma investigación comprobó la necesidad de elevar las temperaturas de aire al interior, ello implicaba hacer modificaciones constructivas como claraboyas en el techo, pisos aislados, invernaderos adosados, techos aislados, y disminución de los intercambios de aire de los cuartos. En esa investigación peruana, las modificaciones realizadas se sustentaron usando el programa de simulación térmica Energy Plus; se pretende hacer también hacer simulaciones, con el programa que evaluemos como el más adecuado, con las propuestas de mejora que esperamos plantear en la presente tesis.

Se busca documentar la relación entre el la sensación térmica y la humedad relativa del aire en climas fríos, pero toda la información disponible se refiere a la relación existente entre ambas variables solamente con temperaturas superiores a los 20° C. De acuerdo a Landsberg, como explica Felipe Fernández García, en su artículo: *Clima Y Confortabilidad Humana. Aspectos Metodológicos*, se muestra un cuadro en el cual registra las sensaciones térmicas en un rango que parte desde los 20°C hasta los 40° y considerado datos de humedad relativa que incluyen desde el 30% al 100%, en el mismo se evidencia la correlación de a mayor humedad relativa mayor sensación térmica pues se eleva hasta en 3.9°C, la sensación térmica respecto a la temperatura real, con 100% de humedad relativa.(García, 2010)

CAPITULO 4:

4.1 METODOLOGÍA

Para este trabajo de tesis se escogió la Metodología de Investigación Aplicada, desarrollada mediante el análisis de un caso de estudio.

Esta metodología, usada en el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica (SEP), se escogió por ser una de las que nos permitirá trabajar el tema documentándolo con evidencias científicas. Da obviamente mucha importancia a la investigación práctica aplicada, que al generar nuevos conocimientos retroalimentan las disciplinas y el ejercicio profesional. (Vargas Cordero, 2009). De acuerdo a esta autora las características de este tipo de investigación constituyen una forma ágil de detectar y proponer soluciones a “situaciones problema” de interés propio y de cualquier ámbito disciplinar y/o profesional.

Existen algunos tipos de desarrollo en esta metodología, el seleccionado para la presente tesis es el de análisis de “caso de estudio” representativo del problema detectado. De acuerdo a este tipo de desarrollo, los pasos que se siguen son:

1. Definición del caso de estudio y estudios necesarios.
2. Definición de variables a estudiar
3. Toma de datos: Selección del período, los instrumentos, el protocolo de medición y la instalación adecuada de los mismos.
4. Presentación y análisis de resultados
5. Modelación

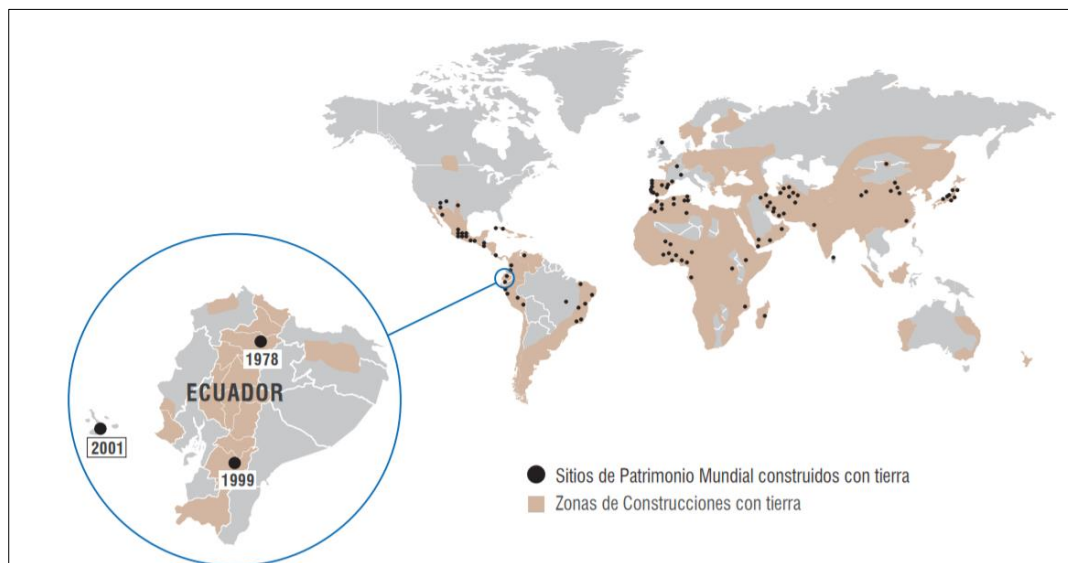
6. Conclusiones y Recomendaciones

4.1.1 Definir el caso de estudio

Nuestro caso de estudio debe cumplir a cabalidad las condiciones que se pretende analizar, estar construido con el sistema requerido: de tierra y estar ubicado en la zona seleccionada: la serranía ecuatoriana.

Se define un tercer requerimiento, estudiar edificaciones construidas en tierra cruda ya que manejan un ciclo que logra cerrarse porque usa material natural local, no contaminante y que al terminar su uso por deterioro o demolición vuelve a hacerse tierra Ver esquema 7.

Esquema 7: Construcción en tierra cruda. Contexto mundial y local



Fuente: Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina ecuatoriana, 2017, from:
<http://editorial.ucsg.edu.ec/ojs-auc/index.php/auc-ucsg/article/download/69/71>

Elaboración: Arq. Lenin Lara Calderón, basada en Grandreau y Delboy (2010)

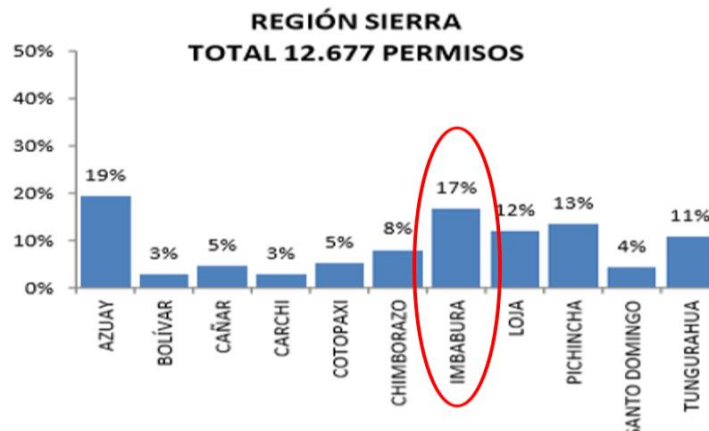
“La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) presenta la alternativa de construcción con tierra cruda como sostenible, viable y de ciclo cerrado (OCDE, 2003) Es este el ciclo que marca la diferencia con las construcciones que se basan en tierra cocida o que contiene materiales contaminantes para el ambiente.

Según Lara, en su artículo “Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina ecuatoriana” En la serranía ecuatoriana se evidencia arquitectura construida tradicionalmente en tierra cruda, una de sus formas constructivas es el tapial (PNUD, CNUAH - HABITAT, 1988), objeto del actual estudio.

a. Ubicación

La serranía ecuatoriana, comprende una amplia zona cordillerana que recorre el Ecuador de norte a sur del país. Atraviesa las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Azuay, Cañar y Loja

Diagrama 2: Porcentaje De Permisos De Construcción

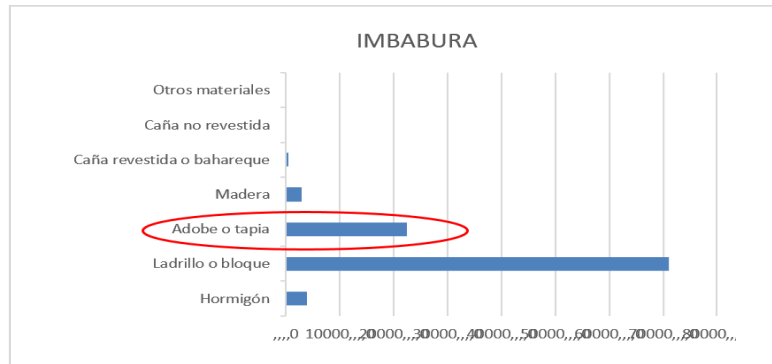


Fuente: Instituto Nacional de Estadística y censos (INEC), Anuario de Estadísticas de Edificaciones, 2014

Elaboración: Elaboración propia, 2018

De acuerdo a datos del INEC, 2014 la provincia de Imbabura es una de las más representativas del sistema constructivo estudiado ya que cuenta con el 22,2% de edificaciones.

Diagrama 3: Construcción en tierra en Imbabura

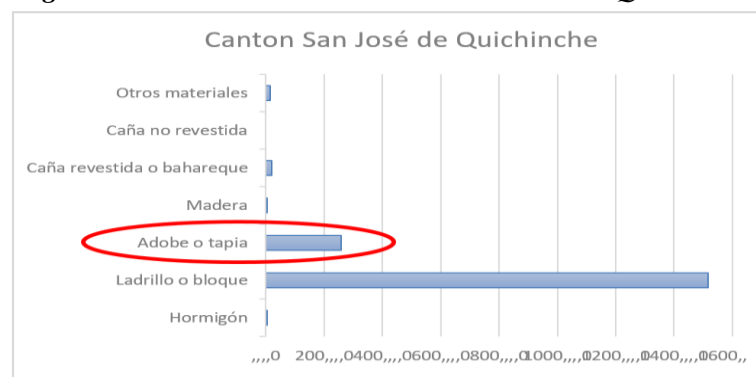


Fuente: Instituto Nacional de Estadística y censos (INEC), Anuario de Estadísticas de Edificaciones, 2014

Elaboración: Elaboración propia, 2018

Se investiga sobre la misma información en el cantón San José de Quichinche, con el 14,2 % de un total de 1816 viviendas, se mantiene la tendencia provincial, pues las construcciones de tierra son el segundo rubro después del ladrillo y bloque.

Diagrama 4: Construcción en tierra en San José de Quichinche



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y censos (INEC), Anuario de Estadísticas de Edificaciones, 2014

Elaboración: Elaboración propia, 2018

Se verifica mediante un recorrido por la zona las posibilidades de casos de estudio, las condiciones mínimas son su accesibilidad y su confiabilidad.

Se procede a contactar los potenciales casos de estudio, establecer una primera visita y constatar si cumplen las condiciones requeridas: usar el sistema constructivo estudiado, ubicarse en el sector definido y prestar las condiciones de seguridad para los equipos y de aceptar ser parte de esta investigación.

El caso de estudio seleccionado se ubica en la provincia de Imbabura, Cantón Otavalo, Parroquia de San José de Quichinche, Km 10 vía Selva Alegre, en la propiedad llamada Pisabo. Su ubicación geográfica es la siguiente, Latitud norte $0^{\circ} 14' 09'' 0.2358$ Norte, Longitud oeste $(-78.3428)78^{\circ} 20' 34.54''$, 2775 msnm. Se trata de una edificación construida alrededor 1890, de acuerdo a entrevista con el dueño, Sr Fernando Vaca, quien actualmente la habita junto a algunos de sus trabajadores.

Se seleccionan tres situaciones en un caso de estudio representativo, que permiten analizar diferentes condiciones del mismo sistema constructivo: distintas orientaciones, diferentes condiciones de aislamiento del exterior y diferentes volúmenes interiores, en una misma zona climática.

El edificio comprende cuatro alas de construcción en torno a un patio de 22 metros por lado, para el estudio se seleccionaron espacios de cada ala, sin embargo los espacios ubicado en el ala norte han sido remodelados usando otro sistema constructivo por lo que no se consideró relevante incluirlo en este estudio.

b. Estudio climatológico de la zona del caso de estudio

Para este análisis se procede a tomar datos del INAMHI se cuenta con dos estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, Inguincho y Tomalón. Este instituto realiza estudios que nos provee de cuadros estadísticos que poseen la información climática fidedigna de cada zona.

En un principio por cercanía al caso de estudio y estar ubicado en la misma provincia Imbabura, se recurrió a tomar datos de la estación Inguincho M0001, investigando de manera más exhaustiva, se verificó que aunque se sitúa en la provincia colindante: Pichincha, Tomalón: Estación meteorológica M1094, tiene más relación por sus características de altura sobre el nivel del mar, latitud y longitud similares.

Esquema 8: Equidistancia y operatividad de estaciones cercanas a zona de estudio.



Fuente: Red de estaciones automáticas: INAMHI, from: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>, 2018

Elaboración: Elaboración propia, 2018

La investigación para la presente tesis se inició a fines del año 2016 en pleno proceso de recabar de datos, la Estación Inguincho dejó de estar operativa por una falla técnica, desde junio de 2017 y hasta la finalización de esta tesis se mantiene inactiva, de acuerdo al código de color rojo en la gráfica de ubicación del caso de estudio.

Tabla 2: Selección de uso de Estación Meteorológica

CARACTERISTICAS	INGUINCHO	CASO DE ESTUDIO	TOMALON
LATITUD	√ 0.25833	0.2358	0.033333
LONGITUD	-78.4	-78.3	-78.2 √
ALTITUD	3140	2775	2790 √
ESTADO	NO OPERATIVA		OPERATIVA √

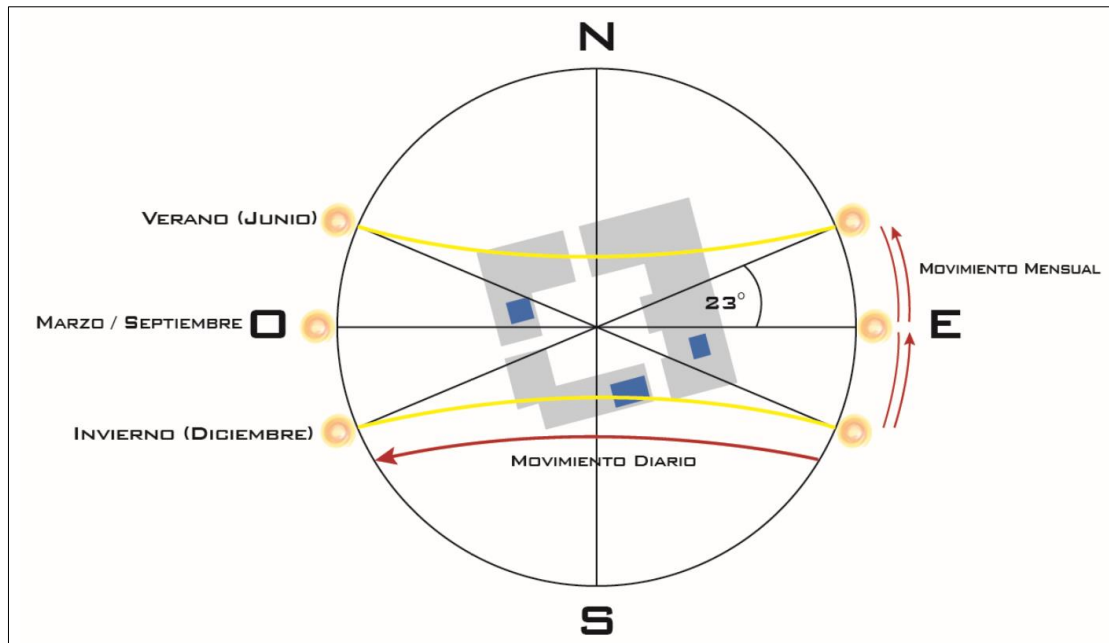
Fuente: Elaboración propia, 2018

La Tabla 2 nos muestra que solamente la latitud es más similar al caso de estudio en Inguincho, la longitud y altitud son mucho más parecidas al caso de estudio en la estación de Tomalón, además y esto es lo más relevante, se encuentra aún en funcionamiento.

De acuerdo con el INER la altura es la variable que más afecta al clima, justamente en los 3000 metros son el límite en el cual se cambia de considerar una zona climática de otra. Nuestro caso de estudio se encuentra a 2775 msnm, más cercana a la altura de la estación de Tomalón que no ha dejado de operar desde el año 1990.

Se cuenta con datos meteorológicos de la estación Tomalón, desde que inició su operatividad el año 1990, publicados en 1995, existía un desfase entre la recolección de datos y su publicación, cada vez este período se acorta sin embargo a finales del siglo XX era común este desfase.

Esquema 9: Recorrido Solar Vista Aérea del Caso de Estudio



Fuente: Elaboración propia, 2018

Se realiza un análisis de los parámetros que definen el clima en la zona del caso de estudio de acuerdo al registro desde 1990 hasta el 2013, último anuario publicado en junio de 2017.

Para ello se procedió a generar cuadros anuales, en el Anexo número 10, de cada variable a considerar como la Temperatura y la Humedad Relativa, basados en la información de los anuarios del INAMHI publicados hasta el 2018.

4.1.2 Definición de variables

Al tratar la presente tesis sobre el confort térmico, y ser realizada de acuerdo con el análisis cuantitativo que se genera a partir de los modelos de predicción determinados por parámetros

objetivos, las variables a investigar son la temperatura del aire, la temperatura radiante, la humedad relativa y la velocidad del aire.

4.1.3 Toma de datos

4.1.3.1 Selección de los períodos.

Se selecciona los meses para la toma de datos de acuerdo a los parámetros climáticos más significativos, en conjunción con la disponibilidad de equipos y accesibilidad a los espacios del caso de estudio.

4.1.3.2 Parámetros

Se elaboraron cuadros en base a todos los Anuarios INAMHI disponibles con 24 años de información de la Estación de Tomalón desde 1990 a 2013 publicado desde 1995 a 2017 debido a que existe un lapso entre la toma de datos de las estaciones, su verificación y publicación.

De acuerdo con la información del Anexo 10 se elaboran los siguientes cuadros que indican más gráficamente el comportamiento climático de la zona en este lapso de tiempo del cual se tiene información fidedigna.

a. Temperatura

Respecto a la temperatura media mensual en 24 años se verifica que los meses con promedio más alto son Agosto con el primer promedio, alcanza los 15.4°C y Julio con el segundo promedio de temperatura que llega a los $15,1^{\circ}\text{C}$., la variación es solamente de

0.3°C. Los meses con temperatura promedio más baja son enero y abril con 14,6 ° C, exactamente con el mismo promedio.

Tabla 3: Promedio de Temperatura promedio Mensual 1990-2013

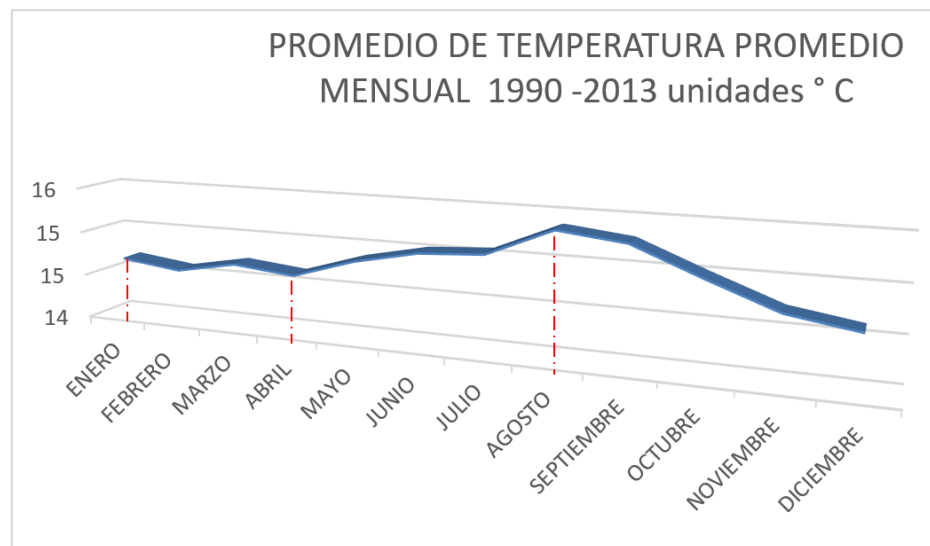
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
14.6	14.6	14.7	14.6	14.9	15.0	15.1	15.4	15.3	15.0	14.7	14.6

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

Se justifica la toma de muestras de temperatura en el mes de abril para las bajas y durante la segunda quincena del mes de julio para las altas, ya que se cuenta con la disponibilidad de equipos durante esa fecha.

Diagrama 5: Promedio de Temperatura Promedio Mensual 1990-2013



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

b. Humedad

En cuanto a la humedad relativa del aire, el mes de abril cuenta con el mayor promedio en 24 años, llegando al 78.54 %. Se justifica tomar el registro de datos en el caso de nuestro estudio durante ese mes en el cual esta variable presenta su promedio más alto. Los meses con menor humedad relativa son julio y agosto con 62,78 % y 60,30% respectivamente.

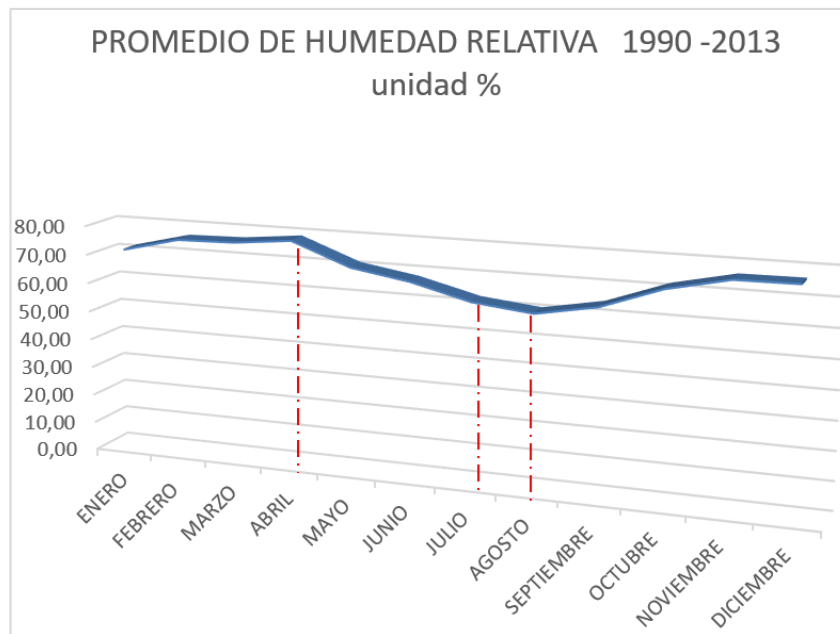
Tabla 4: Promedio de Humedad Relativa 1990-2013

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
68.17	72.57	76.43	78.65	70.30	67.83	62.78	60.30	61.61	71.57	72.91	73.09

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

Diagrama 6: Promedio de Humedad Relativa 1990-2013



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

Precipitaciones

Se calcularon también de la misma fuente, 24 años de datos anuales del INHAMI, otras dos variables de las cuales que también influyen en la humedad ambiental, la primera el promedio de días de lluvia al mes, que alcanza los 18 días durante el mes de abril y la segunda el promedio de mm de precipitación caídos en un mes que en abril alcanza 91.3 mm.

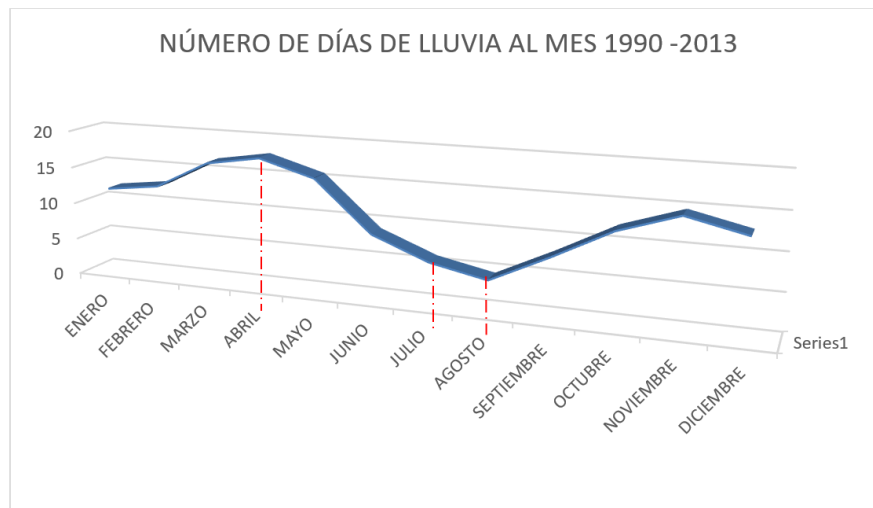
Tabla 5: Número de días de lluvia al mes 1990-2013

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
12	13	17	18	15	9	6	4	8	12	14	14

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

Diagrama 7: Número de días de lluvia al mes 1990-2013



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

La segunda variable que influye en la humedad ambiental es el promedio de la suma mensual de precipitaciones en mm. por mes, la podemos observar en la siguiente tabla.

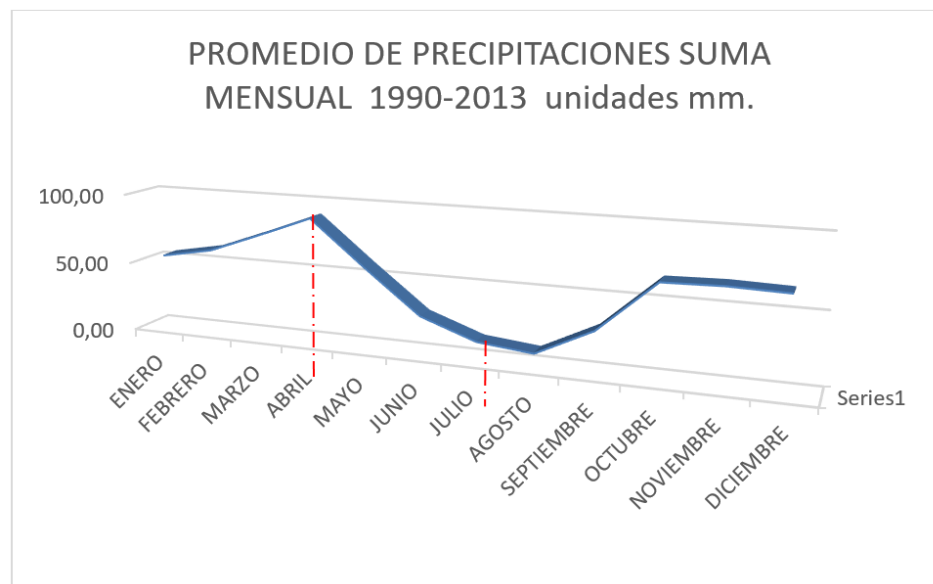
Tabla 6: Promedio de Precipitaciones suma mensual 1990-2013

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
50.5	57.0	78.6	91.3	50.4	26.2	15.1	11.4	32.7	61.9	70.1	110.9

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

Diagrama 8: Promedio de Precipitaciones suma mensual 1990-2013



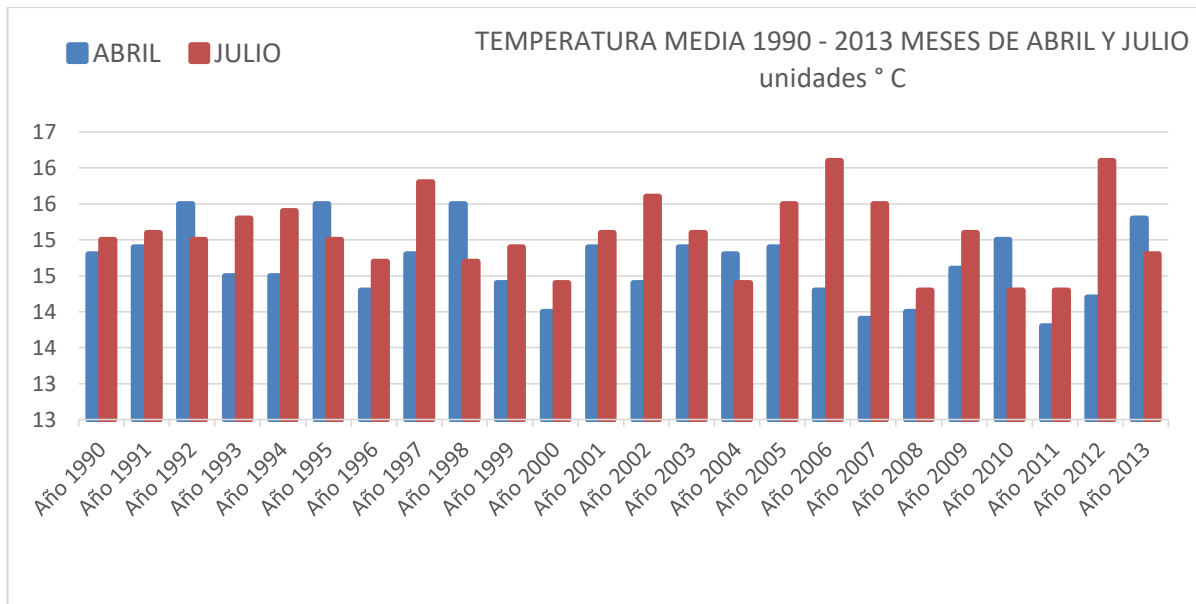
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

Seleccionados los meses se procede a hacer un estudio más minucioso del comportamiento de las variables de información climática que inciden en el estudio del confort térmico de nuestro caso de estudio.

La temperatura media por ejemplo es bastante estable, pero se mantiene fuera de los parámetros de confort térmico no baja de los 14,5 ° C ni rebasa los 16 ° C en el mes de abril, mientras que en julio no excede de 16,5 ° C ni baja de los 14,5°C.

Diagrama 9: Temperatura media 1990-2013 Abril y Julio



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

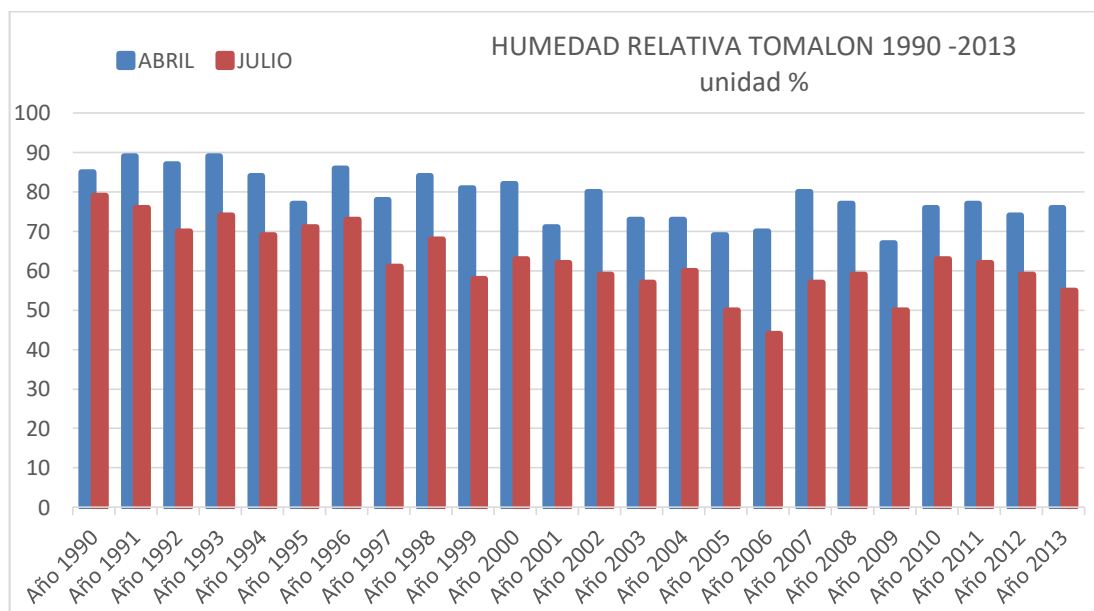
Elaboración: Elaboración propia, 2018

La Humedad Relativa promedio es más alta durante el mes de abril y sus niveles oscilan entre el 89% en abril de los años 1991 y 1993 al 69% el año 2005 la más baja humedad

relativa 67 % en el 2009. El mes de julio registra en cambio 79% en el año de 1990 y baja gradualmente hasta llegar al 50% los años 2005 y 2009.

Se observa a lo largo de estos 24 años un descenso gradual de la humedad relativa en ambos meses estudiados, la tendencia a la baja en estos rangos favorece la posibilidad de alcanzar un confort térmico más fácilmente.

Diagrama 10: Humedad relativa Tomalón 1990-2013

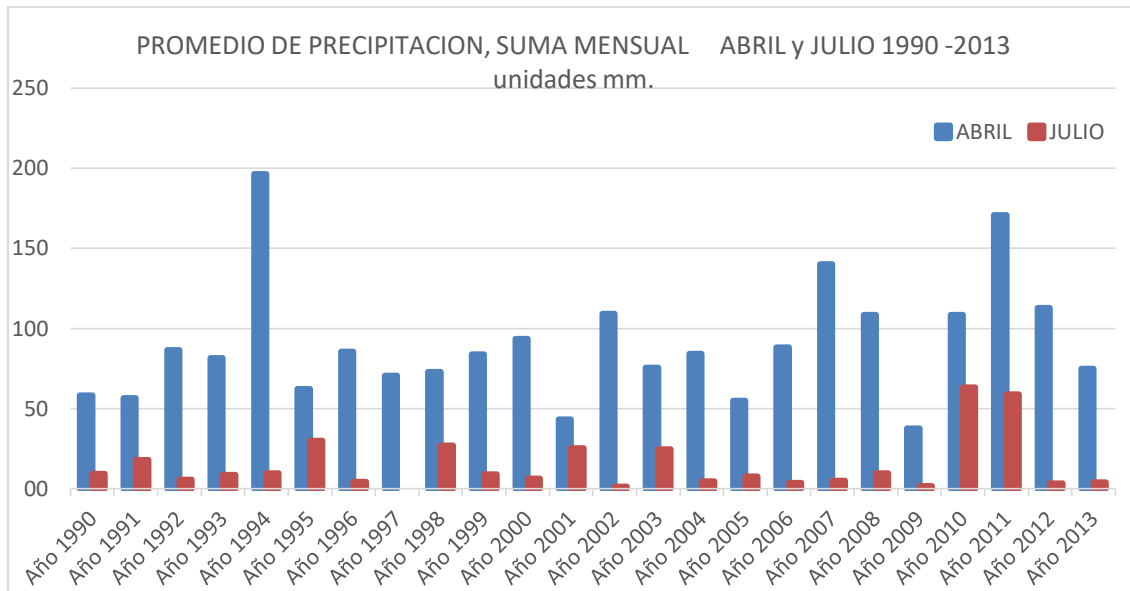


Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

En cuanto a las precipitaciones el registro del gráfico del Diagrama 10, demuestra claramente que es efectiva la diferencia entre los dos meses en los cuales se tomaron los datos en el caso de estudio de la presente tesis.

Diagrama 11: Promedio de Precipitaciones, suma mensual Abril y Julio 1990-2013



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1990-2013

Elaboración: Elaboración propia, 2018

4.1.3.3 Instrumentos

Para la selección de los instrumentos se debe verificar la disponibilidad física de los sensores de medición en los, como también la accesibilidad a los espacios propuestos para el registro de datos en el caso de estudio. Con todos estos datos se elaboró un cuadro que demuestra la posibilidad de realizar nuestra investigación en ese sitio y en los meses más adecuados.

Tabla 7: Selección de Meses de estudio


PROMEDIOS DE 24 AÑOS DE DATOS CLIMÁTICOS ESTACIÓN DE TOMALÓN INAMHI	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
TEMPERATURA PROMEDIO MAS ALTA							X	X				
TEMPERATURA PROMEDIO MAS BAJA	x											
HUMEDAD RELATIVA MAXIMA				X								
HUMEDAD RELATIVA MÍNIMA							X	X				
MAYOR # DE DIAS DE LLUVIA AL MES				X								
MENOR # DE DIAS DE LLUVIA AL MES							X	X				
MAYOR DE SUMA MENSUAL DE PRECIPITACIÓN en mm.				X								X
MAYOR DE SUMA MENSUAL DE PRECIPITACIÓN en mm.								X				
DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS				X			X					
ACCESIBILIDAD AL CASO DE ESTUDIO			X	X	X	X	X					

Fuente: Elaboración propia, 2018

a. Seleccionar instrumentos de medición

Se utilizarán los sensores marca Hobo Onset, modelo UX100-003, las especificaciones técnicas de estos equipos son:

Tabla 8: Especificaciones técnicas de equipos utilizados

	Memoria	84.650 registros de medidas
	Duración de batería	1 año.
	Rango de medición de temperatura	Desde -20°C. hasta 70° c.
	Precisión de temperatura	+/- 0.21 desde 0°C. hasta 50° c.
	Rango de medición de humedad relativa	Desde 15 % al 95 %
	Precisión de humedad relativa	+/- 3.5% desde 25% hasta 85 %

Fuente: HOBOWare Free Download | Onset HOBO Data Logger. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de <https://www.onsetcomp.com/hoboware-free-download>

Elaboración: Elaboración propia, 2018

Al no contar con un Termómetro de globo, se procedió a fabricar una alternativa que consiste en una esfera plástica de 10 cms. pintada de color negro mate, en cuyo interior se colocó un sensor calibrado para medir solamente la temperatura. Se pinta de negro mate para que absorba la radiación de las paredes del espacio (**Satirnet, 2015**). Durante el mes de julio se pudo acceder a un instrumento de medición adicional, la termocupla propiedad de la FADA-PUCE que se encontraba disponible.

Fotografías 3,4 y 5: Instalación de los equipos según protocolo



Fuente: Elaboración propia, 2018

b. Protocolos de medición

Se establecen protocolos de medición de acuerdo a norma ISO 7730. (Kvisgaard, INNOVA, 2000). Identificados los espacios en los que se quiere medir las variables especificadas, se procede a suspender los sensores desde la cubierta y ubicarlos a una altura no mayor a 1.50 m.

Se estudiarán tres espacios que cumplen con este sistema constructivo, cada uno con diferente orientación, se les identificará en adelante como:

Ala Oeste

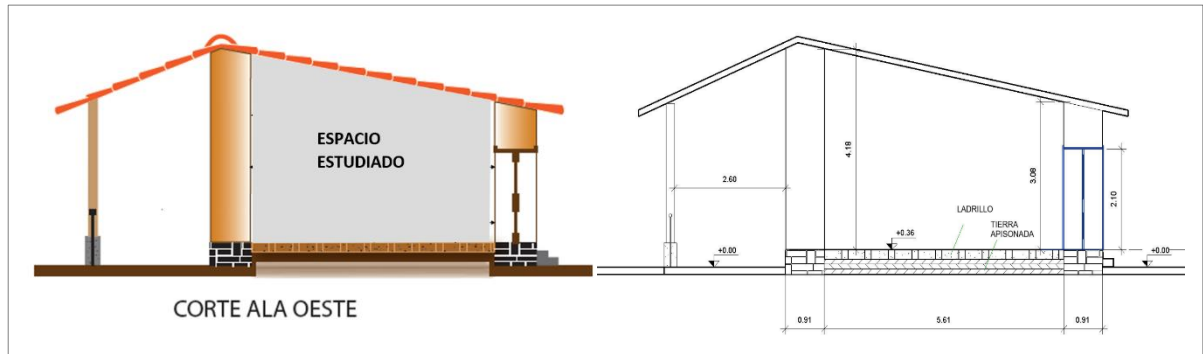
Ala Sur

Ala Este.

Se colocarán tres sensores de temperatura y humedad por espacio interior estudiado, uno a 0.50 m. de la pared más cercana al espacio exterior, calibrado para medir temperatura y humedad relativa, otro en las mismas condiciones a 0.50 m. de la pared opuesta, el tercero en el centro de la habitación pero éste dentro de la esfera pintada de negro mate y calibrado

solamente para medir temperatura ya que al estar al interior de la esfera se verá alterada la humedad.

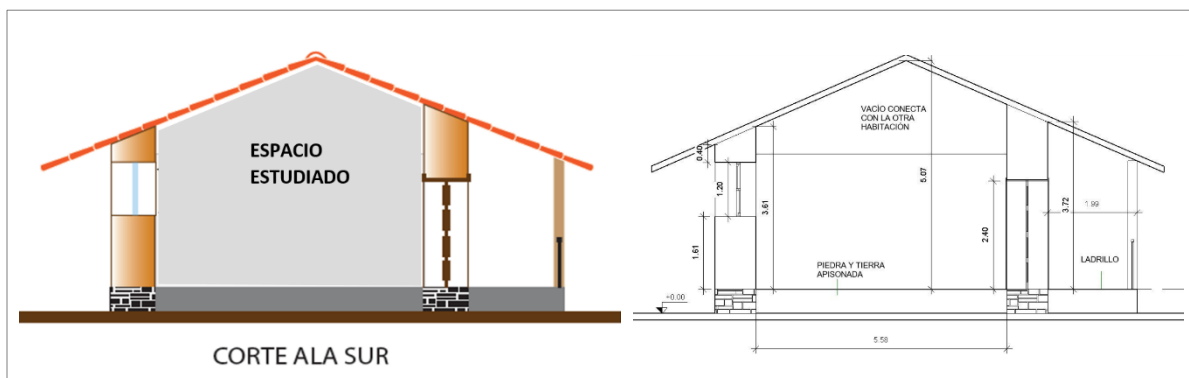
Esquema 10: Corte Ala Oeste



Fuente: Elaboración propia, 2018

El espacio del ala Oeste, está compuesto por un área de 29,50 m² con un solo acceso, su puerta orientada hacia el este, piso de ladrillos de cerámica cocida sobre tierra apisonada y sin cielo falso, se abre directamente al patio central de la edificación. Carece de ventanas, colinda al norte con otro espacio más amplio, al sur con uno de las mismas características y al oeste con un espacio semiabierto que solo cuenta con cubiertas, su uso actual es de corrales para que los animales pernocten.

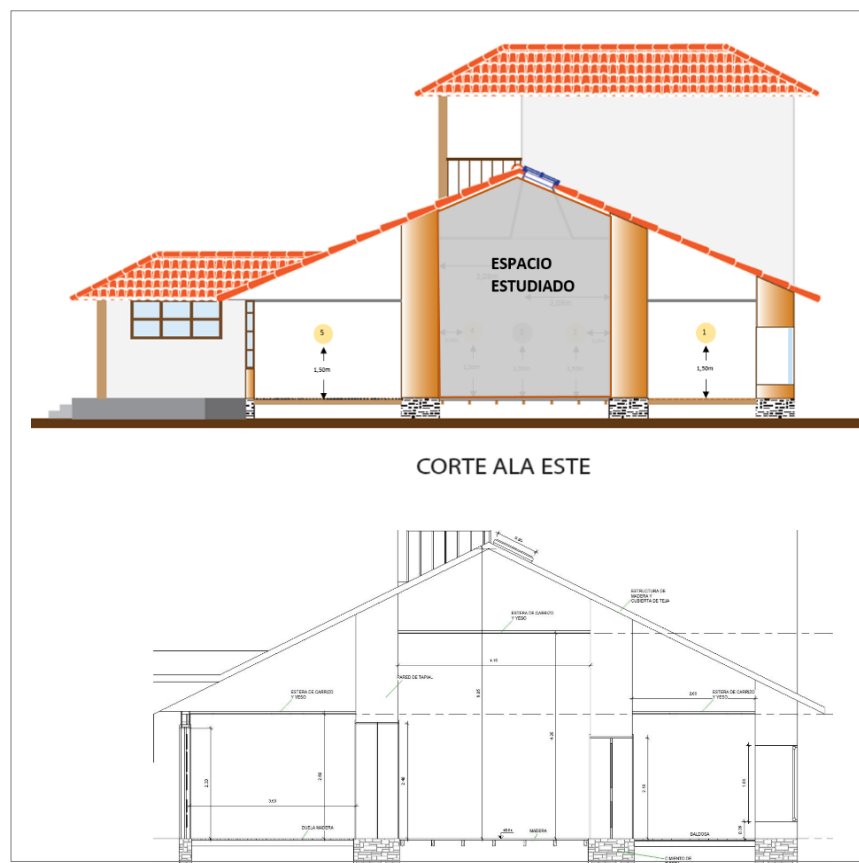
Esquema 11: Corte ala Sur



Fuente: Elaboración propia, 2018

El espacio del ala Sur, está compuesto por un área de 47,00 m² con un solo acceso, su puerta orientada hacia un pasillo abierto cubierto que lo conecta con el patio central, piso de piedra sobre tierra apisonada, carece de cielo falso. Tiene una puerta de madera de 2.40 x 1.20 y 3 ventanas de madera de 1.00 x 1.20 m, colinda al norte con el pasillo o corredor abierto pero cubierto, al sur directamente con el exterior amplio, al este y oeste con habitaciones similares.

Esquema 12: Corte Ala Este



Fuente: Elaboración propia, 2018

Finalmente, el espacio del ala Este es el más protegido de los tres analizados, con 21.58 m² lo envuelven otras habitaciones y se ilumina mediante una claraboya en la cubierta. Se accede

por el oeste a través de un corredor cerrado con ventanería hacia el patio central, su piso es entablado sobre un espacio libre, en el cual existen michinales⁸ que permiten la circulación de aire interior para evitar la humedad. Cuenta con cielo raso falso de estera recubierta con yeso, sus paredes de tapial y su cubierta de teja.

c. Instalación de instrumentos de medición

Se procedió a calibrar los 11 equipos y a su instalación en sitio. Durante 9 días, desde el sábado 8 de abril del 2017 a las 12h30 hasta el 17 de abril del 2017 a las 10h30 se registraron 856 medidas tomadas cada 15 minutos por cada uno de los sensores.

Posteriormente luego de tres meses se realiza el mismo proceso, esta vez con 12 equipos, durante 8 días, desde sábado 15 de julio de 2017 a las 14h30 hasta el martes 23 de julio de 2017 a las 11h30 registrándose 756 tomadas cada 15 minutos por cada uno de los sensores, colocados en los mismos sitios y bajo las mismas condiciones que durante el mes de abril.

Para la medición de la Temperatura radiante en abril se procedió usar un solo dispositivo por cada área estudiada dentro de la esfera color negro. En el mes de julio en cambio se utiliza una Termocupla que fue instalada en el más complejo de los espacios estudiados denominado ala este. Allí se contó con tres sensores para medir la temperatura radiante: el primero fue al igual que en abril un sensor dentro de una esfera pintada de negro, el segundo fue otro sensor colocado dentro de una esfera pintada de gris y el tercero la Termocupla.

⁸ Michinal es una cámara de aire que permite su circulación bajo la construcción, ya se dejan orificios cada cierta distancia que protegidos con reja impiden el paso de roedores pero facilita la generación de corrientes de aire cruzadas bajo la edificación.

De este modo se obtuvo la información necesaria para verificar el comportamiento térmico de estos espacios y se evaluó si se encuentran en confort térmico o no lo están.

4.1.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

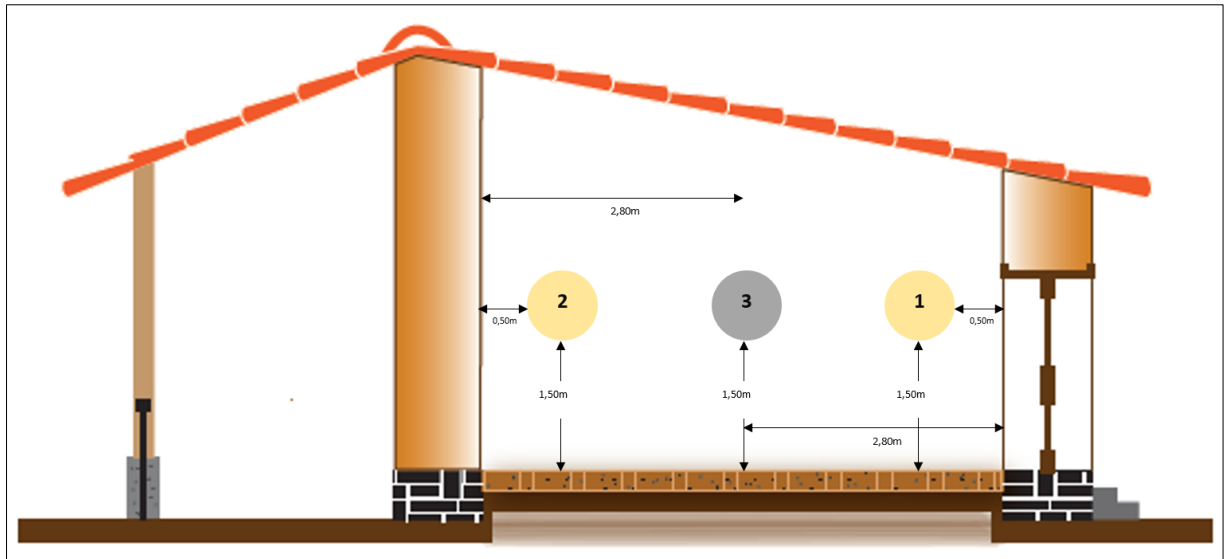
Se procede a analizar cada ala por separado realizando comparaciones de las variables, temperatura y humedad relativa, en los dos meses de abril y julio de 2017 por cada sensor colocado para reconocer las características de cada uno de los sitios específicos dentro de todo el espacio estudiado. Este análisis tiene sustento en los datos recopilados y presentados en los respectivos anexos 1, 2 y 3.

Posteriormente se analizan por meses las variables tomando todos los datos registrados simultáneamente y haciendo un análisis de los tres sensores al mismo tiempo, primero para el mes de abril y luego para el mes de julio. Visualizando juntos todos los datos en la misma gráfica se obtiene una visión más completa del comportamiento total del espacio estudiado tanto en abril como en julio.

a. RESULTADOS ALA OESTE

De acuerdo con el análisis que compara los meses de abril y julio, 2017 en el ala oeste se observan los siguientes resultados.

Esquema 13: Instalación equipos Ala Oeste



Fuente: Elaboración propia, 2018

De acuerdo al Anexo 1, se observa en esta ala de la edificación que el comportamiento del instrumento 1 y 2 no variaron mayormente, sin embargo el instrumento # 3 que entregaba el dato de la temperatura radiante dentro del espacio presentó unos picos en una hora específica.

HOBO 1: ALA OESTE, PARED ESTE, ubicado a 50 cms de la pared y a 1,50 m sobre el piso, presentó en abril temperaturas que variaron entre 10°C y 22°C y una humedad relativa que varió entre 60 % al 94 %. Mientras en el mes de julio se observan temperaturas entre los 8°C y los 24 °C y una humedad relativa que va desde el 36% al 86 %. Los valores de temperaturas se mantuvieron más parecidos entre ambos meses, variando la amplitud en dos grados más en abril. Respecto a la Humedad relativa se evidencia en julio un descenso del porcentaje del mes de abril en casi 25 puntos lo que nos permite concluir de acuerdo al hobo las condiciones son más aceptables en el mes de julio que en el de abril de 2017.

HOBO 2: ALA OESTE, PARED OESTE, ubicado a 50 cms de la pared y a 1,50 m sobre el piso, presentó en abril temperaturas que variaron entre los 10°C y 25°C y una humedad relativa entre 60 % al 94 %. El mes de julio se registran temperaturas que van entre los 9°C y los 26 °C y una humedad relativa que va desde el 36% al 86 %.

La diferencia de temperaturas varía en dos grados su amplitud en el mes de julio respecto al mes de abril y la humedad relativa baja considerablemente, en 24 puntos entre ambos meses.

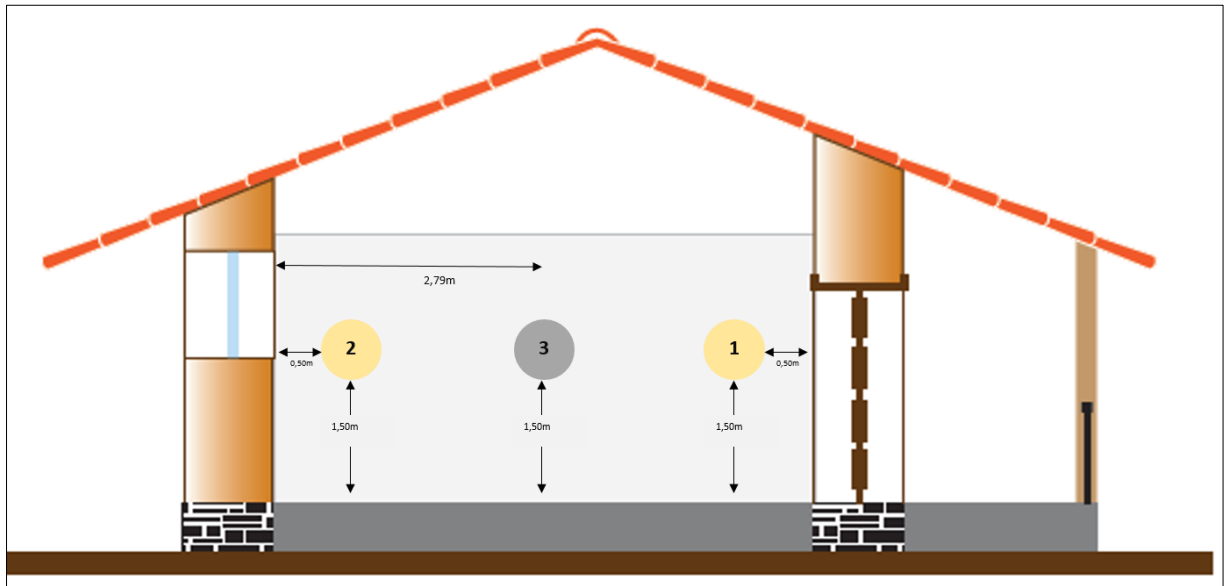
HOBO 3: ALA OESTE, TEMPERATURA RADIANTE, ubicado al centro de la habitación y a 1,50 m sobre el piso, presentó en abril temperaturas que variaron entre los 10°C y 40°C y durante la toma de datos del mes de julio se registran temperaturas que van entre los 9°C y los 22°C.

Se detecta una situación anómala: el día 10 de abril a las 11h01 la temperatura radiante alcanzó los 40.32 °C, a día seguido 11 de abril a las 10:46 se obtienen 37.95 °, días más tarde el 15 de abril se repite este fenómeno a las 10:46 exactamente con 37.32° C. Se asumen dos posibilidades, la primera que posiblemente el equipo fue manipulado por alguien que ingresaba a esa hora periódicamente a la habitación, o bien la segunda posibilidad verificar si por las hendiduras de cubierta el sol alumbró directamente el dispositivo preparado para la toma de datos y alteró la real temperatura radiante. La más probable es la segunda ya que se verificó con archivo de que esos días hubo muy poca nubosidad. Por ese motivo al no ser regulares se descartan esos registros para análisis futuros, ya que distorsionarían los resultados.

b. RESULTADOS ALA SUR

De acuerdo al análisis que compara los meses de abril y julio, 2017 en el ala sur se observa:

Esquema 14: Instalación equipos Ala Sur



Fuente: Elaboración propia, 2018

De acuerdo al Anexo 2, se observa que en el ala sur de la edificación el comportamiento de los tres instrumentos se mantiene constante.

HOBO 1: ALA SUR, PARED NORTE: ubicado a 50 cms de la pared y a 1,50 m sobre el piso registró en abril una amplitud de 12 °C en la curva de los registros de temperatura, variando entre los 10°C y 22°C de T, durante el mes de julio las variaciones registradas entre los 8°C y 24 °C T le dan una diferencia de 16°C. De acuerdo a los registros en julio la temperatura varía más y registra más diferencia entre la temperatura alta y la baja que en el abril.

En cuanto a la humedad relativa del aire, los datos arrojan las siguientes cifras entre 60 % al 94 % de HR en abril de 2017 mientras que en julio bajan su porcentaje entre 36% al 86 %

HOBO 2: ALA SUR, PARED SUR: ubicado a 50 cms de la pared y a 1,50 m sobre el piso. Registra en abril una amplitud de 10.92 °C en la curva de los registros de temperatura, variando entre los 10.73°C y 21.65°C de T, durante el mes de julio las variaciones registradas entre los 9.32°C y 21.90 °C le dan una diferencia de 12.6°C. De acuerdo a los registros en julio la temperatura varía más y registra mayor diferencia entre alta y baja que en abril.

En cuanto a la humedad relativa del aire, los datos arrojan las siguientes cifras entre 63.21 % al 95.77 % de HR en abril de 2017 mientras que en julio del mismo año bajan su porcentaje entre 59.41% al 84.57 %

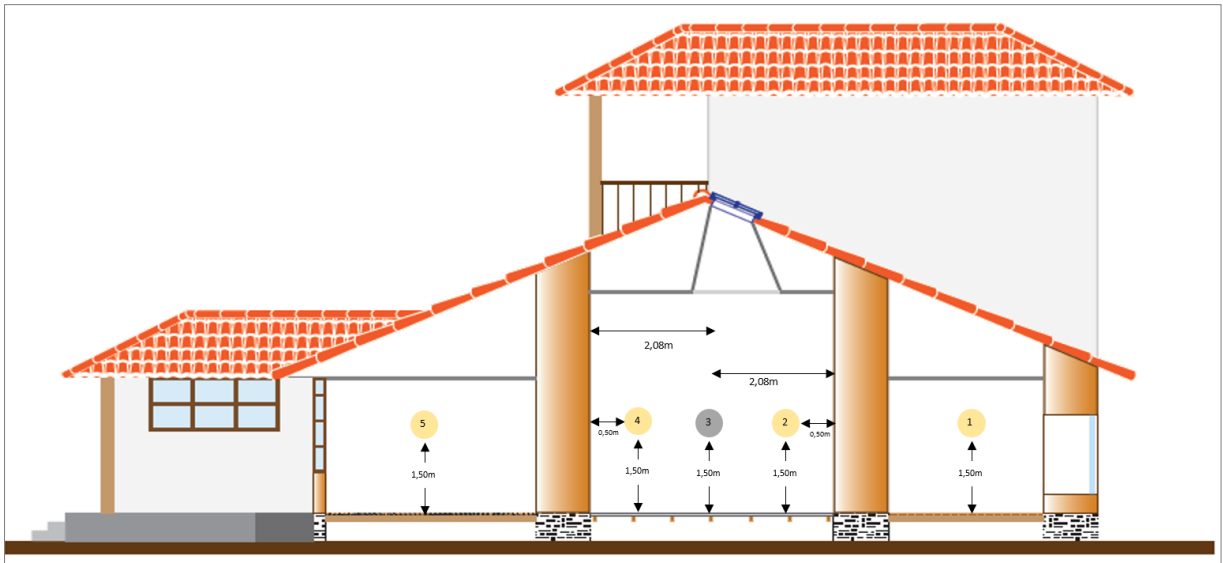
HOBO 3: ALA SUR, TEMPERATURA RADIANTE: ubicado equidistante de las paredes Y a 1.50 m. sobre el piso. Registra durante el mes de abril una amplitud de 13.34°C en la curva de temperatura, variando entre los 10.76°C y 24.10 °C, en el mes de julio las variaciones fueron entre los 9.36°C y 23.38°C le dan una diferencia de 14.02°C.

La temperatura al interior del espacio estudiado presenta menos diferencia entre alta y baja en el perímetro, junto a las paredes de tapial que en el centro donde se incrementa el delta, especialmente en julio de 2017 en que alcanzó una diferencia de 14, 02 grados.

c. RESULTADOS ALA ESTE

De acuerdo al análisis que compara los meses de abril y julio, 2017 en esta ala se observa:

Esquema 15: Instalación equipos Ala Este



Fuente: Elaboración propia, 2018

De acuerdo con el Anexo 3, se observa en el ala este de la edificación, que el comportamiento de las curvas de temperatura son más constantes, con menos altas y bajas, en el mes de abril de lo que se registra en julio de 2017.

HOBO 1: ALA ESTE, ESPACIO ESTE: Equidistante de las paredes, al centro del espacio contiguo al estudiado y a 1,50 m sobre el piso, frente a una ventana registró en abril una amplitud de 6.54 °C en la curva de los registros de temperatura, variando entre los 12.04 °C y 18.58°C, durante el mes de julio las variaciones registradas entre los 11.88 °C y 21.99°C le

dan una diferencia de 10.11°C . De acuerdo a los registros en este espacio se obtuvieron las menores diferencias de temperatura en el mes de abril.

La humedad relativa del aire presenta los siguientes datos 67.4 % al 99.5 % de HR en abril de 2017, como era de esperarse en julio bajan su porcentaje entre 51.78% al 83.12% al ser el mes menos lluvioso tanto en caudal como en frecuencia.

HOBO 2: ALA ESTE, PARED ESTE: ubicado a 50 cms de la pared y a 1,50 m sobre el piso, presentó en abril temperaturas que variaron entre 10.54°C y 22.90°C mientras en el mes de julio se observan temperaturas entre los 9.30°C y 22.44°C .

La humedad relativa que va desde el 65.76 % al 93.00 % en abril y desde 48.44 % al 80.5 % en julio nos indica que las condiciones al interior del espacio en julio, tal como se creía.

HOBO 3: ALA ESTE, TEMPERATURA RADIANTE: ubicado equidistante de todas las paredes y a 1.50 m. de altura sobre el piso. Durante el mes de abril se registró una sola toma dentro de una esfera de plástico pintada de color negro (flotador de poliuretano) sus registros entre los 10.49°C y los 20.48°C nos indican que la diferencia al interior varía en casi 10°C . Durante el mes de julio se contó con tres registros de datos, uno registrado en las mismas condiciones que el mes de abril con un dispositivo al interior de una esfera pintada de negro, el segundo registro con un dispositivo al interior de otra esfera pintada de gris (para validar las tomas de datos de abril) y el tercer registro fue el de la Termocupla.

Los datos obtenidos fueron muy similares y los presentamos a continuación. Dentro de la esfera negra la temperatura varió entre 9.24°C y 22.32°C , dentro de la esfera gris bajó muy poco sus registros entre 9.21°C y 22.38°C , mientras que la Termocupla registró 9.02°C y 26.13° es decir bajó aún más.

HOBO 4: ALA ESTE, PARED OESTE: ubicado a 50 cms de la pared y a 1,50 m sobre el piso, presentó en abril temperaturas que variaron entre 10.32°C y 21.37°C . Mientras en el mes de julio se observan temperaturas entre los 9.16°C y 20.39°C

La humedad relativa que va desde el 61.42% al 94.14 % en abril y desde 50.06 % al 80.69 % en julio nos indica que las condiciones al interior del espacio en julio, tal como se creía.

HOBO 5: ALA ESTE, ESPACIO OESTE: Equidistante de las paredes, al centro del espacio contiguo al estudiado y a 1,50 m sobre el piso, frente a una pared de media altura con ventanal al exterior, registró en abril una amplitud de 5.19°C en la curva de los registros de temperatura, variando entre los 11.56°C y 16.75°C , durante el mes de julio las variaciones registradas entre los 10.17°C y 21.20°C le dan una diferencia de 11.03°C . De acuerdo a los registros en este espacio se obtuvieron las menores diferencias de temperatura en el mes de abril.

Los siguientes datos corresponden a la humedad relativa 73.5% al 92.27% en abril de 2017, en julio bajan su porcentaje entre 54.63% al 82.51%

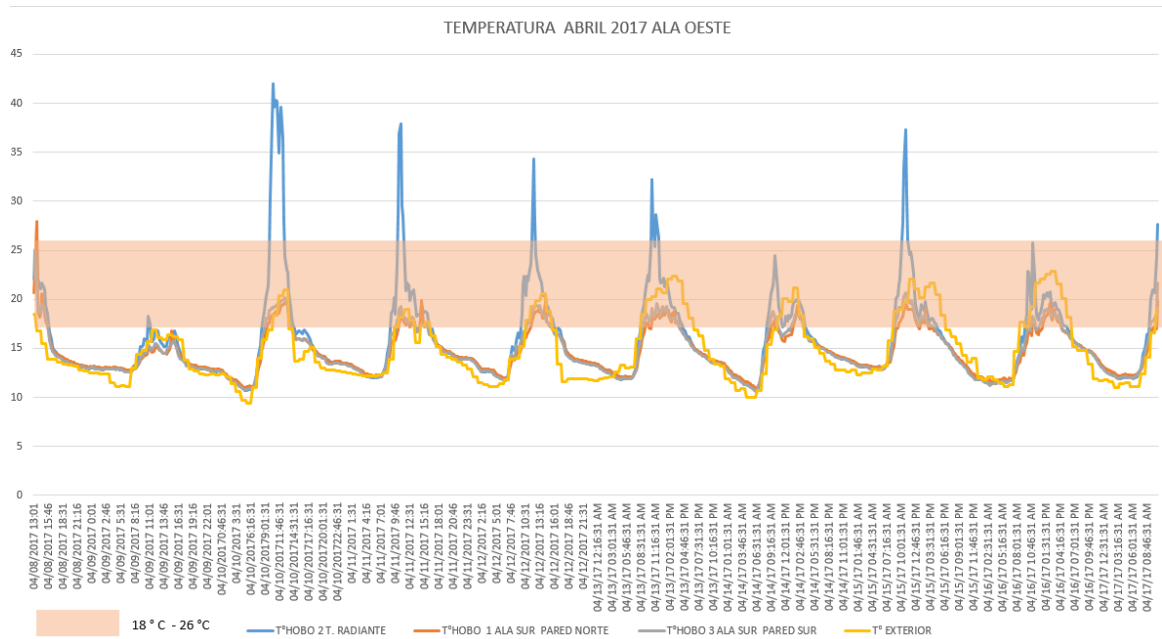
d. ANÁLISIS COMPARATIVO RESULTADOS ALA OESTE

La obtención de esta información hizo posible la realización de los siguientes cuadros comparativos, basados en los Anexos 4 y 5, en los que se describe porcentualmente el tiempo que cada espacio se encuentra en confort térmico. Se recurre a presentarlos separadamente para evidenciar los cambios que se dan, entre los dos meses estudiados, en el mismo sitio de ubicación del instrumento de medición.

i. Verificación de condiciones de Temperatura:

Durante los nueve días de la toma de datos en abril 2017, se observa en el Diagrama 11 que la temperatura radiante está en un rango más alto que la temperatura cercana a las paredes. Los picos más altos alcanzan temperaturas cercanas a los 30° C., aun descartando los datos que entre los 30° C a los 40° C de los días 10, 11 y 15 de abril por los motivos ya expuestos en la presentación de resultados del HOBO 3 - TEMPERATURA RADIANTE.

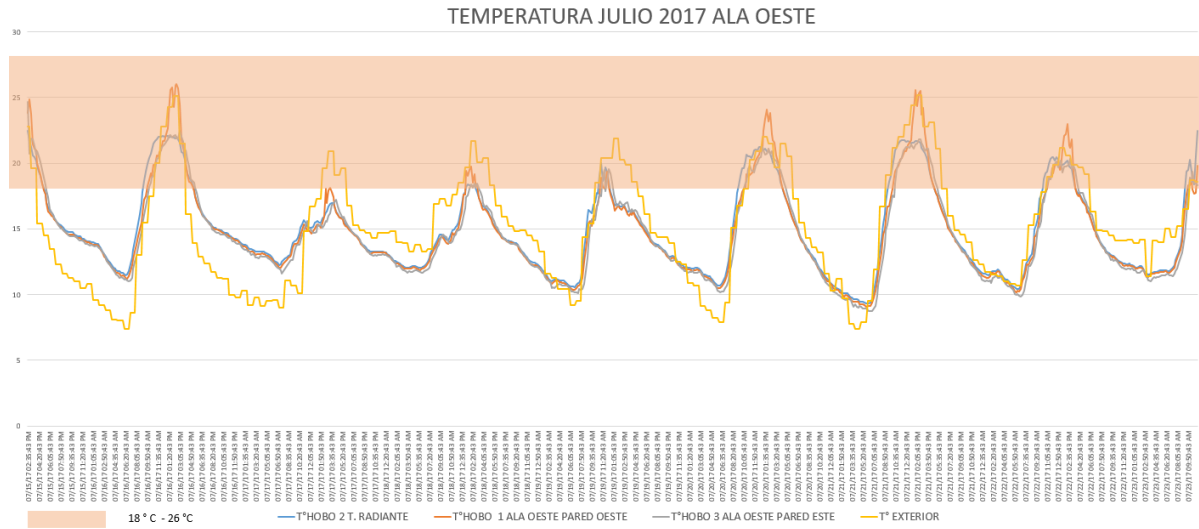
Diagrama 12: Resumen de Temperatura Abril 2017 Ala Oeste



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el mes de julio de 2017 se repite la toma de datos durante los días, desde el 15 al 23 y se obtienen los resultados que se presentan en la Diagrama 12, en los cuales se verifica que no se altera el registro del ciclo de la temperatura radiante, por lo que cobra fuerza la hipótesis de que se trató de la incidencia solar directa desde una hendidura de cubierta al dispositivo y esa inclinación precisa se dio solamente durante el mes de abril.

Diagrama 13: Resumen de Temperatura Julio 2017 Ala Oeste



Fuente: Elaboración propia, 2018

En abril solamente el 20% del tiempo transcurrido durante las tomas de temperatura radiante el espacio estudiado se mantiene entre los 18° C y los 26° C. En julio baja al 19%. Ambos meses presentan un déficit de casi el 80% del tiempo fuera de confort térmico.

Tabla 9: Temperatura Radiante Ala Oeste

	ABRIL 2017		JULIO 2017	
TEMPERATURA RADIANTE	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	658	77	610	81
ENTRE 18° C Y 26° C	170	20	146	19
MAS DE 26° C	28	3	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 10: Temperatura Pared Este Ala Oeste

TEMPERATURA PARED ESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	775	91	623	82
ENTRE 18 °C Y 26°C	80	9	133	18
MAS DE 26 °C	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Al interior del espacio estudiado, en los datos obtenidos de la temperatura a 50 cms. de la pared este, en abril solamente el 9% del tiempo estuvo dentro de la temperatura aceptada como confortable. Durante las toma de datos del mes de julio el porcentaje se duplica al 18 % del tiempo.

Tabla 11: Temperatura Pared Oeste Ala Oeste

TEMPERATURA PARED OESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	745	87	619	82
ENTRE 18 °C Y 26°C	111	13	137	18
MAS DE 26 °C	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2018

En cuanto a los datos de la pared oeste que recibe desde su exterior directamente el sol de la mañana, alcanza en el mes de abril el 13% del tiempo registrado en un rango aceptable de temperatura. El 87 % del tiempo su temperatura está bajo la zona de confort térmico. Durante

el mes de julio se registra un alza de 5 puntos en el porcentaje, llegando a estar el 18% del tiempo dentro del rango de confort. Nos supera los porcentajes de la pared este, pero tampoco baja tan drásticamente la diferencia entre ambos meses dentro del mismo espacio y durante un número similar de días.

Tabla 12: *Temperatura Exterior Ala Oeste*

TEMPERATURA EXTERIOR	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	684	80	556	74
ENTRE 18 °C Y 26°C	172	20	200	26
MAS DE 26 °C	0	0	0	0

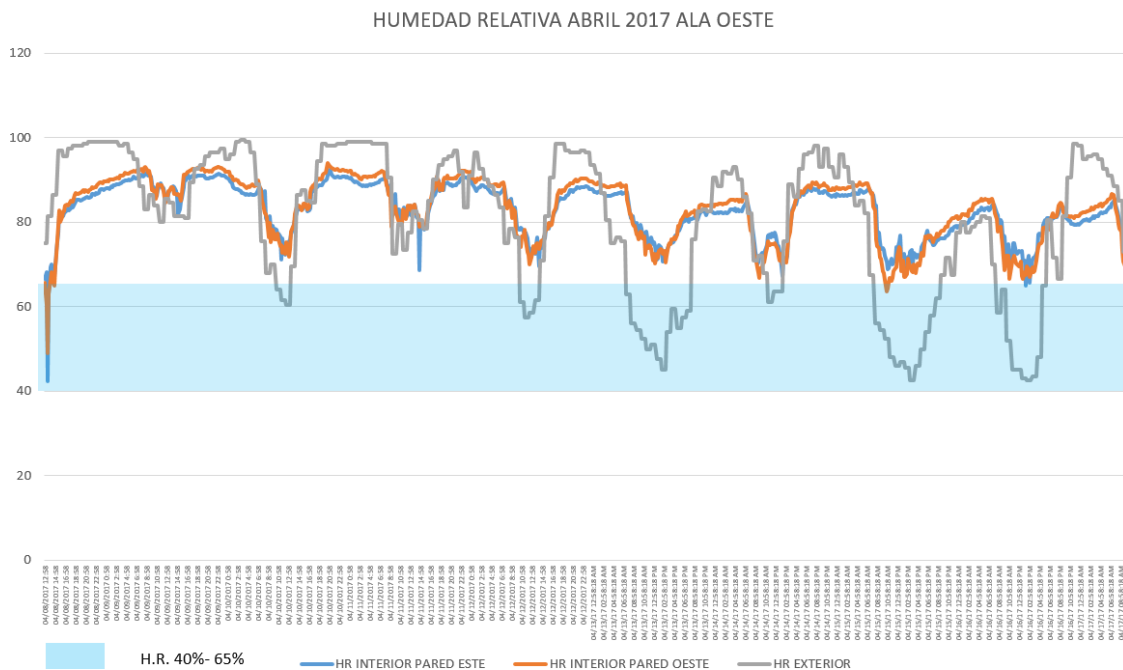
Fuente: Elaboración propia, 2018

Respecto al exterior la temperatura se encuentra entre 18° C y 26 °C el 20 % del tiempo de la muestra realizada en el mes de abril, el 80 % restante alcanza solamente temperaturas menores a este rango. Durante el mes de julio sube al 26 %. Constatamos que las condiciones interiores de confort térmico se ven afectadas por la temperatura exterior, evidentemente si esta sube será más fácil acceder a la comodidad de un rango aceptable de temperatura interior.

ii. Verificación de condiciones de Humedad Relativa:

El área específica denominada Ala Oeste prácticamente el 100% del tiempo se encuentra fuera del estándar considerado como confortable, solamente al exterior y en tres días, de los diez, de la toma de datos tenemos humedades que se ajustan a los rangos aceptables.

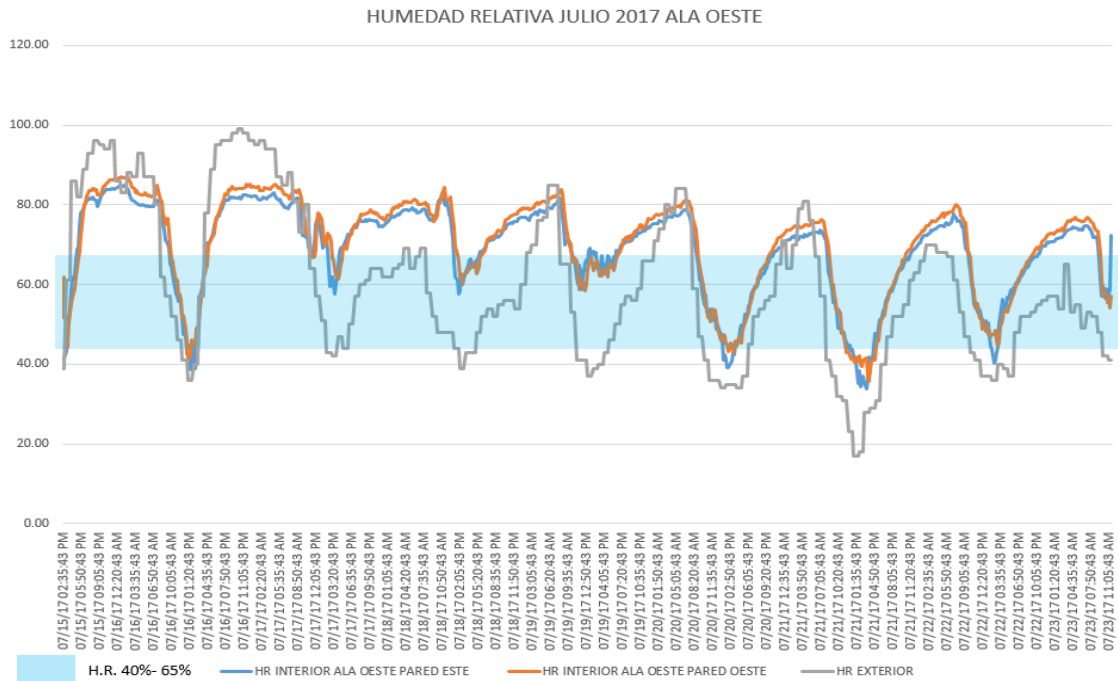
Diagrama 14: Resumen de Humedad Relativa Abril 2017 Ala Oeste



Fuente: Elaboración propia, 2018

Se observa que la humedad relativa del aire al interior del espacio estudiado se mantiene más constante frente a las grandes variaciones que se evidencian en el exterior. Esta característica es más notoria en las tomas de datos del mes de abril.

Diagrama 15: Resumen de Humedad Relativa Julio 2017 Ala Oeste



Fuente: Elaboración propia, 2018

Estas condiciones mejoran significativamente durante el mes de julio, durante las tomas se evidencia que existe entre el 27% y el 29 % del espacio interior dentro de la zona de confort y el 50% en el exterior. Nuevamente el exterior presenta condiciones más favorables que el propio interior del espacio estudiado ya que en tres días el 17, el 22 y el 23 de julio la humedad relativa exterior se mantuvo dentro del rango entre el 40% y el 65 % que expresa la normativa para considerar el confort.

Tabla 13: Humedad Relativa Interior Pared Este - Ala Oeste

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR PARED ESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	852	99.5	532	70.4
ENTRE 40 % Y 65 %	4	0.5	211	27.9
MENOS DE 40%	0	0	13	1.7

Fuente: Elaboración propia, 2018

En abril los datos tomados de acuerdo con el protocolo respectivo, en la pared este, arrojan el 99,5% carente de confort en cuanto a humedad relativa, solamente 4 tomas de entre 856 datos registrados están entre 40% y 65%, considerado como el rango ideal que brinda comodidad al usuario del espacio. En julio las condiciones mejoran llegando al 27% del tiempo con una humedad dentro de la zona de confort.

Tabla 14: Humedad Relativa Interior Pared Oeste - Ala Oeste

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR PARED OESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	847	98.9	533	70.5
ENTRE 40 % Y 65 %	9	1.1	219	29.0
MENOS DE 40%	0	0	4	0.5

Fuente: Elaboración propia, 2018

Igualmente y de acuerdo a las tablas 13 y 14, en el registro de datos de la pared opuesta, la pared oeste en la cual se observa una leve alza tanto abril como en julio, en cuanto al porcentaje de tiempo que está se encuentra en zona de confort respecto a la humedad relativa. Pared este con 0.5 % en abril y pared oeste 1.1 % en el mismo mes. Durante el mes de julio 2017 pasa de 27.9% en abril a 29%.

Tabla 15: Humedad Relativa Exterior - Ala Oeste

HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	670	78.3	259	34.3
ENTRE 40 % Y 65 %	186	21.7	395	52.2
MENOS DE 40%	0	0	102	13.5

Fuente: Elaboración propia, 2018

Contrariamente a lo esperado, los porcentajes de tiempo dentro del rango de confort respecto a la humedad relativa interior se incrementan desde el 1,1 % al 21,7% al exterior en el mes de abril y del 29% al 52 % en el mes de julio. Se verificaron todos estos registros de datos con los Anexos 4: Ala Oeste total abril 2017 y con el Anexo 5: Ala Oeste total julio 2017. Se suponía que a la intemperie las condiciones serían menos favorables que al interior del espacio estudiado.

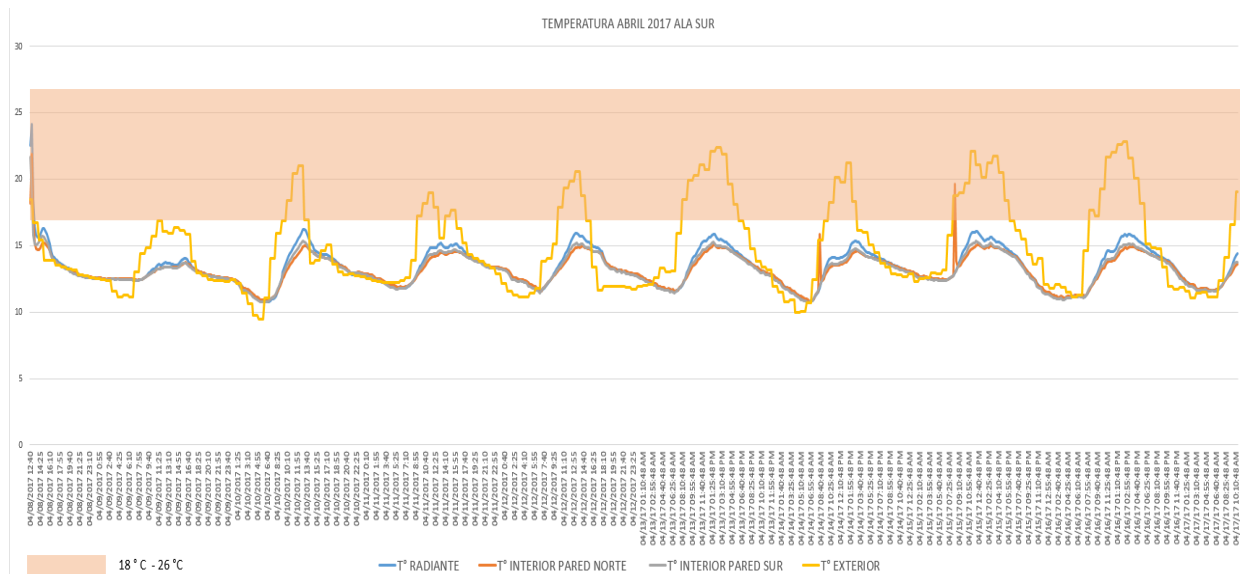
e. ANALISIS COMPARATIVO RESULTADOS ALA SUR

Los datos para este análisis comparativo del Ala Sur y por ende para los diagramas 15, 16, 17 y 18 de las cuales se desprenden todas las tablas desde la número 15 hasta la número 21, fueron tomados del Anexo 6: Ala Sur total abril 2017 y del el Anexo 7: Ala Sur total julio 2017.

i. Verificación de condiciones de temperatura:

Por su orientación dentro del caso de estudio, esta ala de la edificación no presenta condiciones muy favorables para un asoleamiento directo y por ende las temperaturas registradas son las mas bajas y tiene un menor uso que las otras dos alas estudiadas.

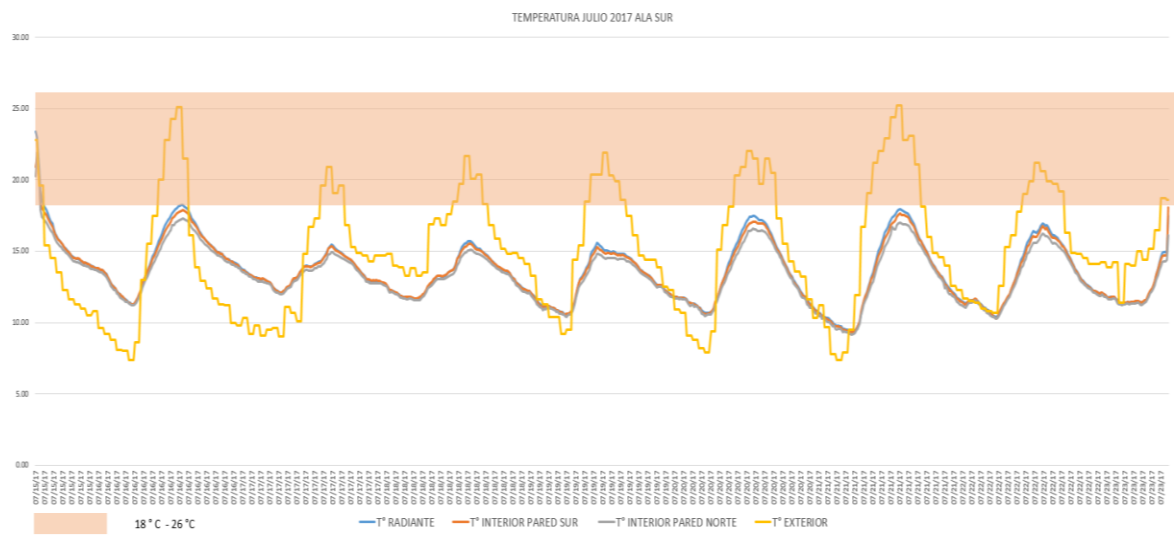
Diagrama 16: Resumen de Temperatura Abril 2017 Ala Sur



Fuente: Elaboración propia, 2018

Como podemos observar de acuerdo al Diagrama 15, tanto en el mes de abril 2017 como en julio 2017, en el Diagrama 16, este espacio se encuentra totalmente bajo la zona de confort, solamente al exterior y en horarios entre las 8h00 y las 13h00 la temperatura alcanza los registros superiores a los 18°C, límite inferior del rango de temperatura aceptable como cómodo, la temperatura exterior nunca superó los 26°C durante el mes de abril de 2017.

Diagrama 17: Resumen de Temperatura Julio 2017 Ala Sur



Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 16: Temperatura Radiante Ala Sur

TEMPERATURA RADIANTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	853	99.6	742	98.1
ENTRE 18 °C Y 26°C	3	0.4	14	1.9
MAS DE 26 °C	0	0.0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 17: Temperatura Pared Norte -Ala Sur

TEMPERATURA NORTE	PARED	ABRIL 2017		JULIO 2017	
		# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS		856	100	756	100
MENOS DE 18° C		853	99.6	750	99.2
ENTRE 18 °C Y 26°C		3	0.4	6	0.8
MAS DE 26 °C		0	0.0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 18: Temperatura Pared Sur - Ala Sur

TEMPERATURA PARED SUR	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	854	99.8	753	99.6
ENTRE 18 °C Y 26°C	2	0.2	3	0.4
MAS DE 26 °C	0	0.0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Todas las temperaturas observadas en las tablas 17, 18 y 19, se encuentran muy por debajo del % de tiempo aceptable para considerar el espacio como dentro de la zona de confort, solamente al exterior en abril el 20% y en julio el 26,5 alcanza ese rango de temperatura.

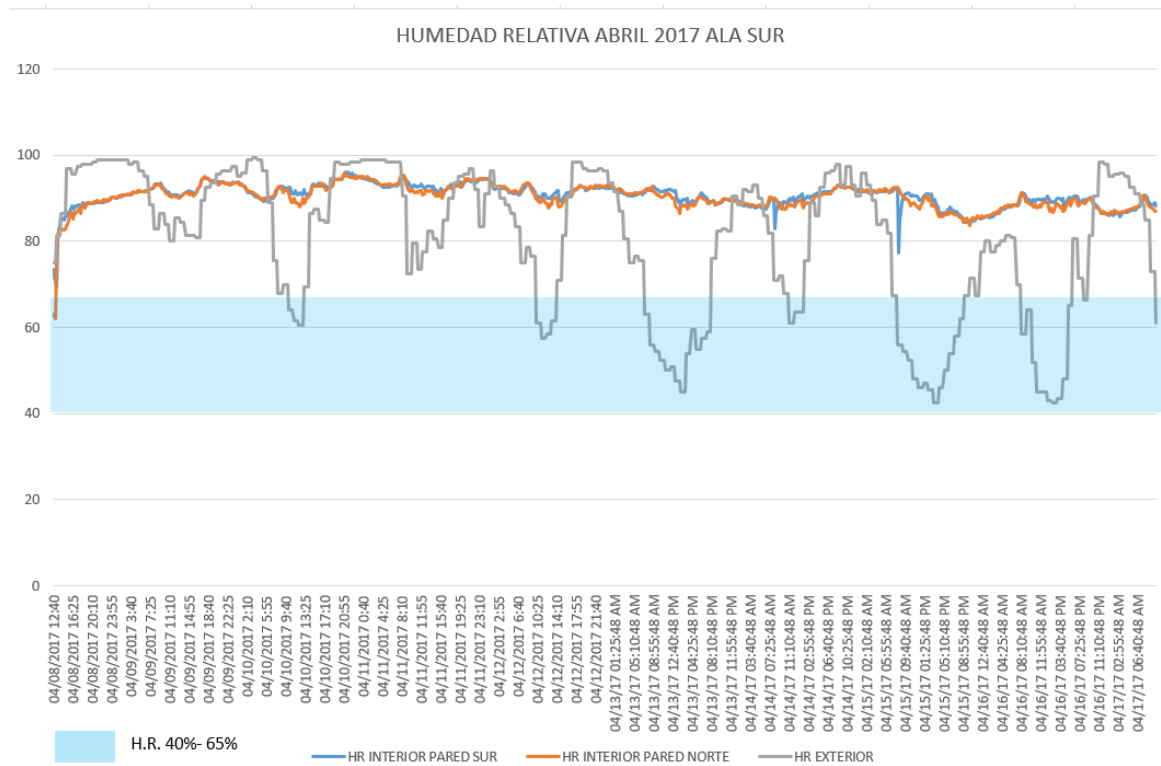
Tabla 19: Temperatura Exterior Ala Sur

TEMPERATURA EXTERIOR	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	684	80	556	73.5
ENTRE 18 °C Y 26°C	172	20	200	26.5
MAS DE 26 °C	0	0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

ii. Verificación de condiciones de Humedad Relativa:

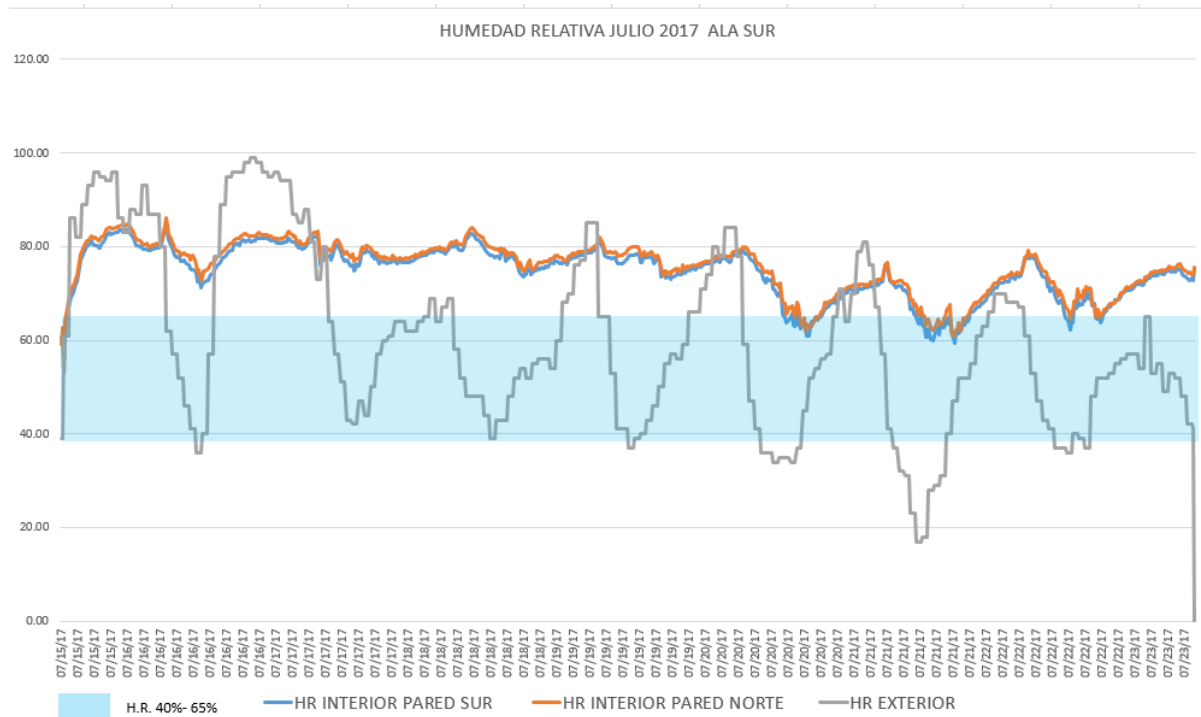
Diagrama 18: Resumen de Humedad Relativa Abril 2017 Ala Sur



Fuente: Elaboración propia, 2018

Esta variable se encuentra muy por encima de lo aceptado como rango de confort respecto a la humedad, no baja del 80% cuando lo mínimo aceptable según la norma es el 65%, sin embargo se observa que la humedad relativa interior del espacio se mantiene bastante estable respecto a las irregularidades que se presentan con la humedad relativa exterior.

Diagrama 19: Resumen de Humedad Relativa Julio 2017 Ala Sur



Fuente: Elaboración propia, 2018

Las tablas 20 y 21, que presentamos a continuación, evidencian que la humedad relativa al interior del espacio está casi el 100% del tiempo fuera del rango aceptable para lograr confort.

Tabla 20: Humedad Relativa Interior Pared Sur- Ala Sur

HUMEDAD RELATIVA	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
INTERIOR PARED SUR				
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	856	100.0	687	90.9
ENTRE 40 % Y 65 %	0	0.0	69	9.1
MENOS DE 40%	0	0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 21: Humedad Relativa Interior Pared Norte- Ala Sur

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR PARED NORTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	854	99.8	712	94.2
ENTRE 40 % Y 65 %	2	0.2	44	5.8
MENOS DE 40%	0	0		0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

La tabla 22 muestra con claridad que la humedad relativa al exterior del espacio estudiado se encuentra durante el mes de abril al 21,6 % del tiempo dentro del rango considerado aceptable para lograr confort, y el 65.6% del tiempo de la toma de datos de julio, dentro de las condiciones de mantenerse entre el 40% y el 65%.

Tabla 22: Humedad Relativa Exterior- Ala Sur

HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	671	78.4	260	34.4
ENTRE 40 % Y 65 %	185	21.6	496	65.6
MENOS DE 40%	0	0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Las condiciones exteriores pese a los picos presentados con diferencias de hasta 30 puntos entre la temperatura más alta y la temperatura más baja, en ambos meses estudiados dan un porcentaje mucho más alto de tiempo de confort respecto a la humedad relativa al exterior que al interior del espacio estudiado en el ala sur de la edificación. Todos los datos registrados se volvieron a verificar de acuerdo al Anexo 6: Ala Sur total abril 2017 y al Anexo 7: Ala Sur total julio 2017

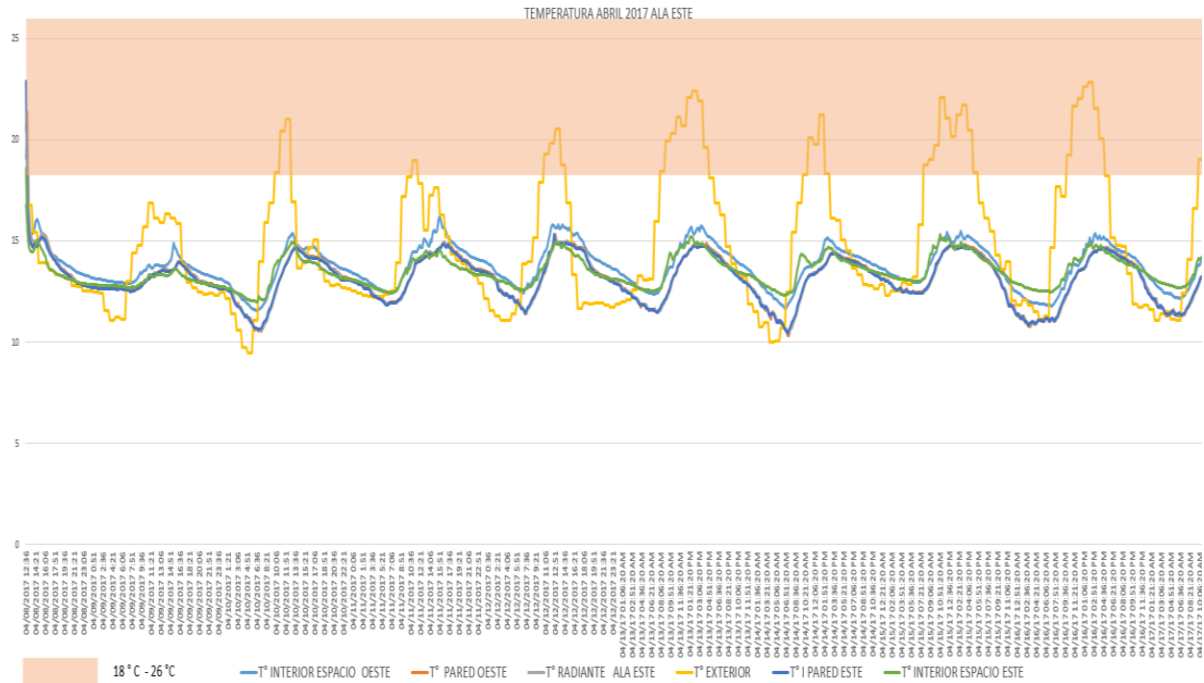
f. ANÁLISIS COMPARATIVO RESULTADOS ALA OESTE

La fuente de información para este análisis comparativo del Ala Oeste que permitió la elaboración de los diagramas 19, 20, 21 y 22, fue el Anexo 8: Ala Oeste total abril 2017 y del el Anexo 9: Ala Oeste total julio 2017. Del mismo modo todas las tablas desde la número 22 a la número 32 contaron con la misma fuente.

i. Verificación de condiciones de Temperatura

Pese a ser este el espacio más protegido, por contar con otros espacios colindantes que le aíslan de la intemperie, el ala este presenta condiciones poco favorables para alcanzar el confort termico interior debido a que no posee asoleamiento direto sobre sus límites laterales, las paredes de tapial. Según el Anexo 8: Ala Este total abril 2017, el espacio se encuentran al 100% fuera de la temperatura aceptable para el rango de confort termico se repite la misma situación para julio de acuerdo a los datos registrados en el Anexo 9: Ala Este total julio 2017.

Diagrama 20: Resumen de Temperatura Abril 2017 Ala Este

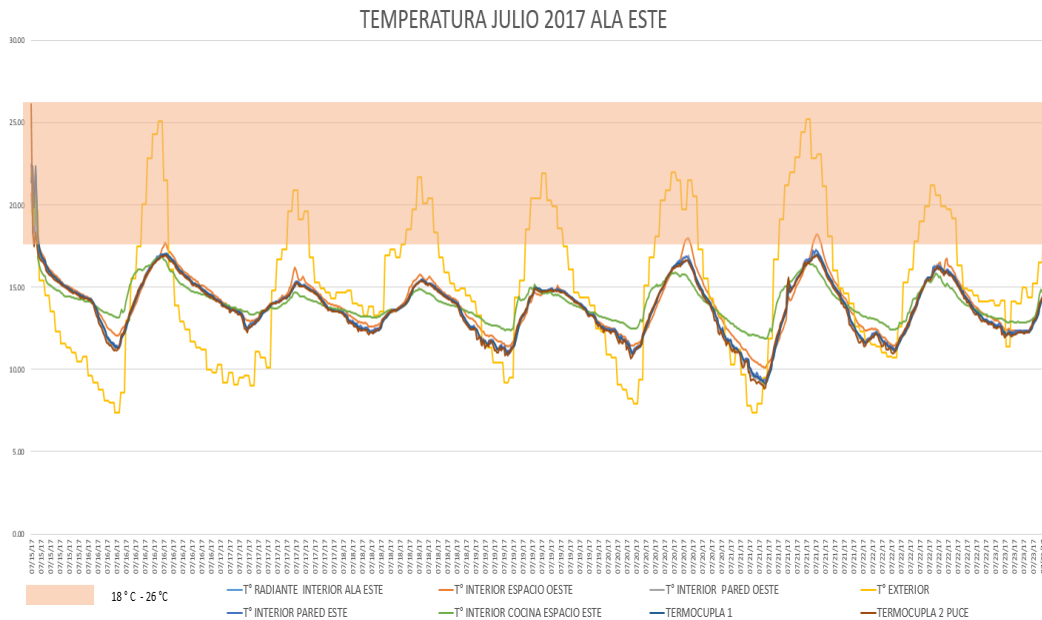


Fuente: Elaboración propia, 2018

En ambos diagramas, el 19 y el 20, se muestra que la única temperatura que alcanza y por pocas horas del día rangos dentro de la zona de confort es la exterior. Los picos más altos en ella se dan entre las 11h00 y las 13h00 durante los días de la toma de datos, desde el 8 al 17 de abril y desde el 15 hasta el 23 de julio de 2017.

Si comparamos los diagramas 19 y 20 de resumen de temperaturas, se observa que existe mayor amplitud entre las temperaturas máximas y mínimas en el mes de julio respecto a las del mes de abril. También es evidente que en ambos meses los espacios interiores nunca alcanzaron el mínimo aceptable de 18° C. que exige la norma para considerar un espacio dentro de la zona de confort térmico.

Diagrama 21: Resumen de Temperatura Julio 2017 Ala Este



Fuente: Elaboración propia, 2018

Estas condiciones se evidencian en los bajos porcentajes que indican todas las tablas respecto a los datos registrados en los instrumentos dispuestos para el análisis térmico de toda el Ala Este. Nunca superan el 1.5 % al interior , en todos los los hobos y durante los dos meses analizados , abril y julio de 2017.

Tabla 23: Temperatura Interior Espacio Oeste - Ala Este

TEMPERATURA INTERIOR ESPACIO OESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	856	100.0	747	98.8
ENTRE 18 °C Y 26°C	0	0.0	9	1.2
MAS DE 26 °C	0	0.0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 24: Temperatura Pared Oeste - Ala Este

TEMPERATURA PARED OESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	854	99.8	753	99.6
ENTRE 18 °C Y 26°C	2	0.2	3	0.4
MAS DE 26 °C	0	0.0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Las Tablas 22, 23, 24 y 25 mantienen las mismas características, en todos los espacios pertenecientes al Ala Este la temperatura permanece bajo el rango aceptable de 18°C a 26°C en casi la totalidad de las tomas, el 99% del tiempo.

Tabla 25: Temperatura Pared Este - Ala Este

TEMPERATURA PARED ESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	855	99.9	751	99.3
ENTRE 18 °C Y 26°C	1	0.1	5	0.7
MAS DE 26 °C	0	0.0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 26: Temperatura Interior Espacio Este - Ala Este

TEMPERATURA INTERIOR ESPACIO ESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	855	99.9	751	99.3
ENTRE 18 °C Y 26°C	1	0.1	5	0.7
MAS DE 26 °C	0	0.0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 27: Temperatura Exterior - Ala Este

TEMPERATURA EXTERIOR	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MENOS DE 18° C	684	79.9	556	73.5
ENTRE 18 °C Y 26°C	172	20.1	200	26.5
MAS DE 26 °C	0	0.0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la tabla 27 se observan juntos todos los resultados del registro de datos de la temperatura radiante en el espacio denominado Ala Este, cuya ubicación se identifica como HOBO 3 en el Esquema número 15 de la presente tesis. El mes de abril se registró con un solo instrumento dentro de una esfera (flotador de poliuretano pintada de color negro) alcanzó solamente el 2% de tiempo en temperatura incluida entre los 18°C y los 26°C.

Tabla 28: Temperatura Radiante Ala Este

TEMPERATURA RADIANTE	ABRIL 2017			JULIO 2017				
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS RADIANTE (Esfera negra)	%	# TOMA DE DATOS RADIANTE (Esfera gris) 1	%	# TOMA DE DATOS TERMOCUPLA 2	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100	756	100	756	100
MENOS DE 18° C	854	99.8	750	99.2	747	98.8	753	99.6
ENTRE 18 °C Y 26°C	2	0.2	6	0.8	9	1.2	3	0.4
MAS DE 26 °C	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

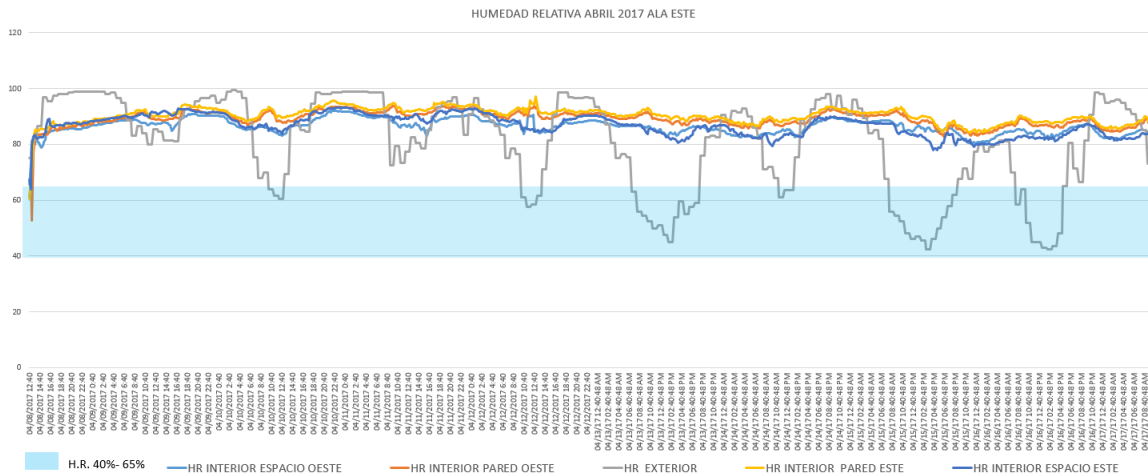
Durante el mes de julio se contó con el registro simultáneo de tres instrumentos, el primero en condiciones similares al mes de abril nombrado esfera negra en la Tabla número 27, la segunda toma de datos se realizó por medio un dispositivo dispuesto al interior de otra esfera pintada de gris. Con éste se pretende verificar si existe mucha variación entre los datos tomados dentro de la esfera negra y la esfera gris. Finalmente la tercera toma del mismo dato se realizó con la Termocupla de la PUCE.

Los datos obtenidos fueron muy similares, la variación entre las tres tomas no alcanza ni a 1 punto de diferencia en porcentaje por lo que consideramos validado el único registro efectuado durante el mes de abril con el dispositivo incluido al interior de la esfera pintada de negro.

ii. Verificación de condiciones de Humedad Relativa:

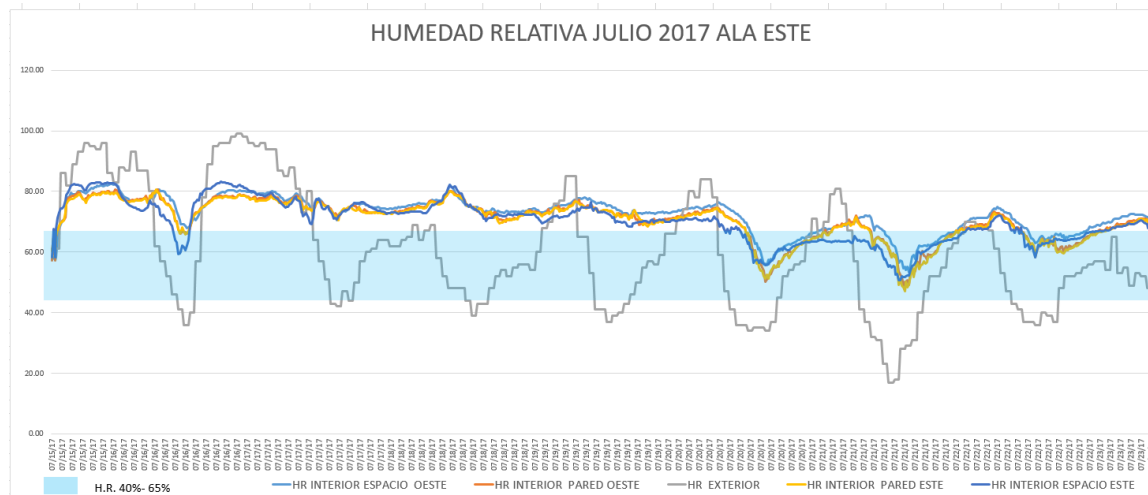
Los registros de humedad relativa que se presentan en los Anexos 8 y 9 de información total de este espacio en ambos meses y sirvieron de base para la elaboración de los siguientes Diagramas y Cuadros los que evidencian claramente las extremas condiciones a las que se adaptan los usuarios de estos espacios. Durante el mes de abril observamos que el 100 % está fuera del rango de confort y en julio en cambio, son solo tres los días, el 20, 21 y 22 de julio de 2017 en que esta variable alcanza rangos más aceptables

Diagrama 22: Resumen de Humedad Relativa Abril 2017 Ala Este



Fuente: Elaboración propia, 2018

Diagrama 23: Resumen de Humedad Relativa Julio 2017 Ala Este



Fuente: Elaboración propia, 2018

Los registros de humedad relativa más favorables se dan en las tomas de datos de la Humedad Relativa exterior y durante el mes de julio, en que permanece más constantemente la curva dentro de la franja señalada entre el 40% y el 65 %, para permitir la fácil visualización

de los niveles de confort aceptable de acuerdo a la normativa usada en la presente tesis, NEC
11 Capítulo 13.

Tabla 29: Humedad Relativa Interior Espacio Oeste - Ala Este

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR ESPACIO OESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	856	100.0	664	87.8
ENTRE 40 % Y 65 %	0	0.0	92	12.2
MENOS DE 40%	0	0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 30: Humedad Relativa Interior Pared Oeste - Ala Este

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR PARED OESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	854	99.8	617	81.6
ENTRE 40 % Y 65 %	2	0.2	139	18.4
MENOS DE 40%	0	0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

La humedad relativa interior alcanza porcentajes más bajos siempre durante el mes de abril, durante el mes de julio alcanza hasta el 25.9% del tiempo una humedad relativa aceptable, se visualiza en la tabla 33, que registra datos del espacio contiguo al estudiado.

Tabla 31: Humedad Relativa Exterior- Ala Este

HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	855	99.9	260	34.4
ENTRE 40 % Y 65 %	1	0.1	380	50.3
MENOS DE 40%	0	0	116	15.3

Fuente: Elaboración propia, 201

Tabla 32: Humedad Relativa Interior Pared Este - Ala Este

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR PARED ESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	855	99.9	611	80.8
ENTRE 40 % Y 65 %	1	0.1	145	19.2
MENOS DE 40%	0	0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 33: Humedad Relativa Interior Espacio Este - Ala Este

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR ESPACIO ESTE	ABRIL 2017		JULIO 2017	
	# TOMA DE DATOS	%	# TOMA DE DATOS	%
TOTAL DE TOMA DE DATOS	856	100	756	100
MAS DE 65%	674	78.7	560	74.1
ENTRE 40 % Y 65 %	182	21.3	196	25.9
MENOS DE 40%	0	0	0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2018

La humedad relativa se mantiene el 80% del tiempo registrado fuera de las condiciones tolerables para lograr un confort térmico aceptado por la norma internacional ISO 7730 que sirve de base a la normativa ecuatoriana: NEC 11 Capítulo 13 en que se estipula el rango entre el 40% y 65 % como ideal.

Por todos los datos presentados y analizados en este capítulo podemos observar que en ninguno de los tres espacios estudiados se cumplen las condiciones de confort mínimo, ni para la temperatura ni para la humedad relativa, por lo cual se comprueba la necesidad de estudios como el de la presente tesis, para plantear posibles soluciones al problema de lograr confort térmico en los espacios estudiados.

CAPÍTULO 5:

5.1 MODELACIÓN Y PROPUESTA PARA LOGRAR CONFORT TERMICO DE LOS ESPACIOS DE ESTUDIO

5.1.1. Metodología

Una vez analizados los espacios a través del comportamiento de las variables que afectan al confort térmico, el siguiente paso es realizar una modelación de cada uno en un programa digital, que permita simular primero las condiciones actuales de cada espacio estudiado y luego las condiciones de las propuestas para evaluar su efectividad.

Con estas simulaciones que ya incluyen propuestas pasivas para cada ala del caso de estudio real, se pretende concluir respondiendo a la hipótesis de que si es posible lograr confort térmico en edificaciones de tierra en climas fríos.

En ellas se deben considerar las condiciones menos favorables de los datos recolectados y realizar simulaciones incluyendo distintas configuraciones de modificación como: claraboyas en cubierta, aislamiento en pisos, invernaderos adosados o techos aislados.

a. Selección del programa de modelación.

Se evalúan las posibles opciones y se decide trabajar con el programa SEFAIRA, este programa requiere cargar un archivo climático de la zona de estudio y realizar el dibujo de la edificación en Revit o en Sketch Up, se opta por este último.

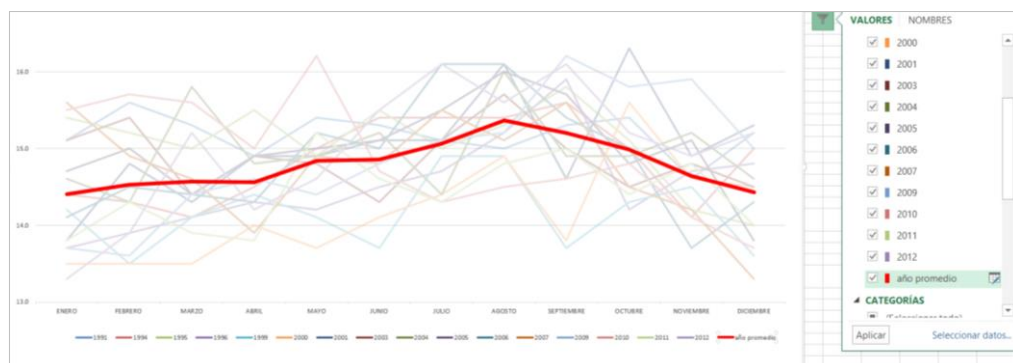
b. Selección del Año Tipo

Es importante en esta fase seleccionar el año tipo con el cual se establecerán los parámetros de evaluación respecto al clima de la zona del caso de estudio. Se analiza la información contenida en Anexo 10 que incluye datos anuales de la Estación de Tomalón, con el registro de 23 años 1990 - 2013. Dentro de las dos variables que más inciden la Humedad Relativa se muestra más constante a lo largo todo el período analizado, por ello se trabajará con los cuadros de temperatura que presentan una mayor variación.

Se requiere excluir los años en los cuales se presentaron condiciones extremas como el fenómeno del niño en Ecuador; 1992-1997-1998-2002 de acuerdo a los registros del INAMHI.

Se hace necesario que tampoco se consideren en este cálculo aquellos años de los cuales no se cuenta con toda información completa, esto es los años 1990-1993-2008. Cabe aclarar que las estaciones no han estado siempre operativas y si falta un solo dato esto puede alterar el resultado.

Diagrama 24: Curva del año Promedio



Fuente: Elaboración propia, 2018

Con los años restantes entre realiza la curva del año promedio que visualizamos en el Diagrama 23 y se comparan una a una las gráficas de los años más parecidos en su curva anual los más similares son 1994 y 2006.

Diagrama 25: Curva del año 1994



Fuente: Elaboración propia, 2018

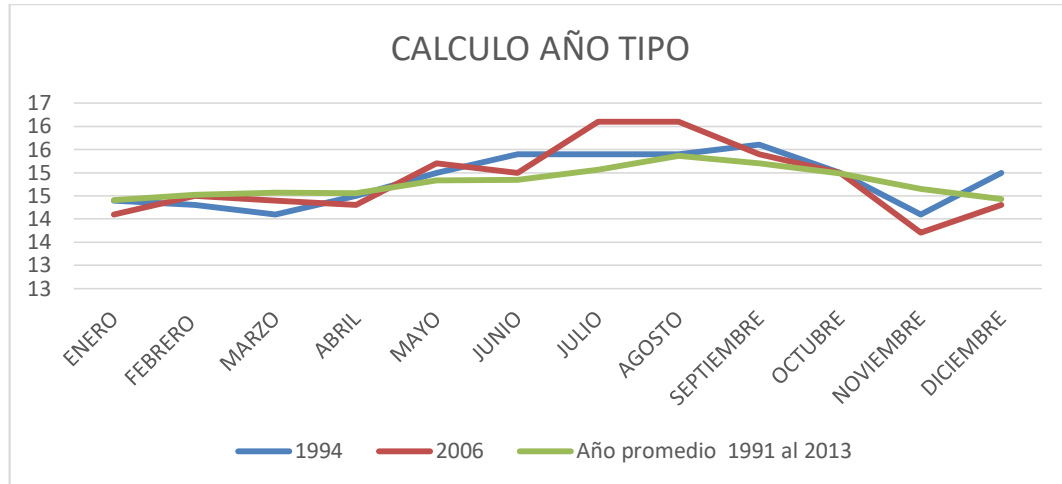
Los Diagramas 24 y 25 nos facilitan visualizar separadamente las curvas de los años más similares a la curva del año promedio, usado como referente para esta selección.

Diagrama 26: Curva del año 2006



Fuente: Elaboración propia, 2018

Diagrama 27: Resumen Comparativo



Fuente: Elaboración propia, 2018

Para observar más claramente el comportamiento de la temperatura en los tres referentes se cruza la información en el Diagrama 26 que lo resume. Gracias este diagrama se concluye que el año tipo para la presente tesis será 1994 ya que su gráfica es la más similar al año promedio estudiado.

c. Carga del archivo climático

Para la operatividad del programa de modelación SEFAIRA se requiere tener datos específicos de la variable temperatura, humedad relativa y vientos con datos horarios, no solamente diarios y mensuales que otorga el INAMHI. En la presente tesis se optó por usar el archivo METEOBLUE seleccionando en el mismo el año tipo escogido 1994, debido a que estos datos se descargan en archivos comma-separated values CSV. Fue necesario transformarlos en archivos compatibles para simulación, para ello se usa el programa

ELEMENTS de código abierto para transformar el archivo en EPW (Energy Plus Werther). Se decide correr la modelación con durante todo el 1994 competo y analizar los meses de abril y julio.

d. Carga de datos específicos de cada uno de los materiales constructivos

Se incluye esta información que permite generar la envolvente del sistema constructivo estudiado, Para que el programa reproduzca la realidad es preciso cargar las características específicas de los materiales de la envolvente de cada espacio modelado, se cargan los datos

Tabla 34: Condiciones de diseño

Construcción	Materiales	U (W/m ² K)
Paredes Exteriores	Lechada de cal + tapial + lechada de cal	0,84
Paredes Interiores	Lechada de cal + tapial + lechada de cal	0,84
Piso	Tierra apisonada + vigas de madera + ladrillo/piedra	1,40
Techo	Tejas de cerámica cocida + vigas de madera	1,51
Ventanas	Vidrio 6mm + marco de madera	4,7

Fuente: Elaboración propia, 2018 basada en tabla de Ytong.

En el caso de las ventanas se considera un coeficiente de ganancia solar térmica es de 0,30 Se consideró el sistema de acondicionamiento térmico como ventilación natural en donde la infiltración no supera los 2 L/s.m. respecto a otras cargas térmicas tenemos que: la densidad de ocupantes: 25 m²/persona, la densidad de equipamiento: 15 W/m² y la densidad de iluminación: 15 W/m². Gracias a la modelación que realiza el programa Sefaira se obtienen los diagramas de flujos de ganancias y pérdidas térmicas como el esquema 16.

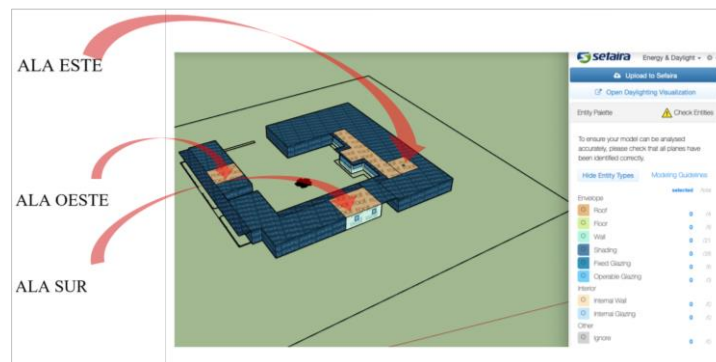
Esquema 16: Diagrama de Flujos de ganancias y pérdidas de calor



Fuente: Elaboración propia, Sefaira 2018

Se definen específicamente en la modelación la ubicación de cada espacio de estudio, ver esquema 17.

Esquema 167: Ubicación de Alas de Estudio en Modelación



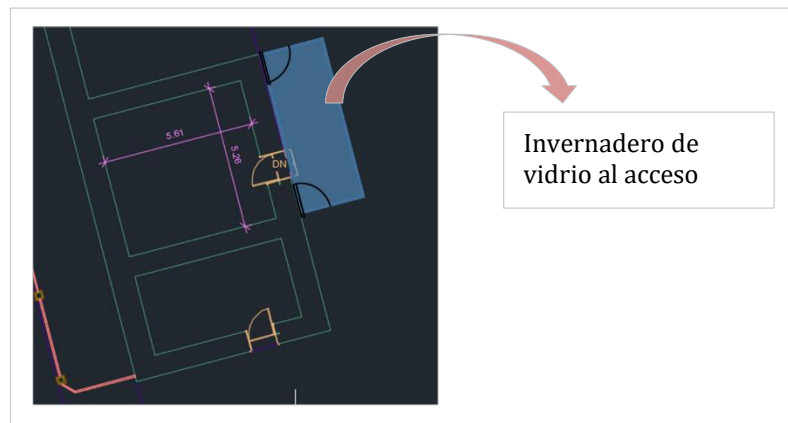
Fuente: Elaboración propia, Sefaira 2018

Una vez obtenido el modelo del año tipo, se analiza para los meses de abril y julio, finalmente de acuerdo a las propuestas, se procede a evaluar qué tipo de estrategias ayudarán más eficientemente a que se logre el confort del espacio.

5.1.2 Propuesta Ala Oeste

Para el espacio de estudio ALA OESTE Se debe mejorar esta condición evidenciada de falta de confort, se proponen hacer la siguiente simulación:

Esquema 17: Propuesta Ala Oeste – Vista en Planta



Fuente: Elaboración propia, Autocad 2018

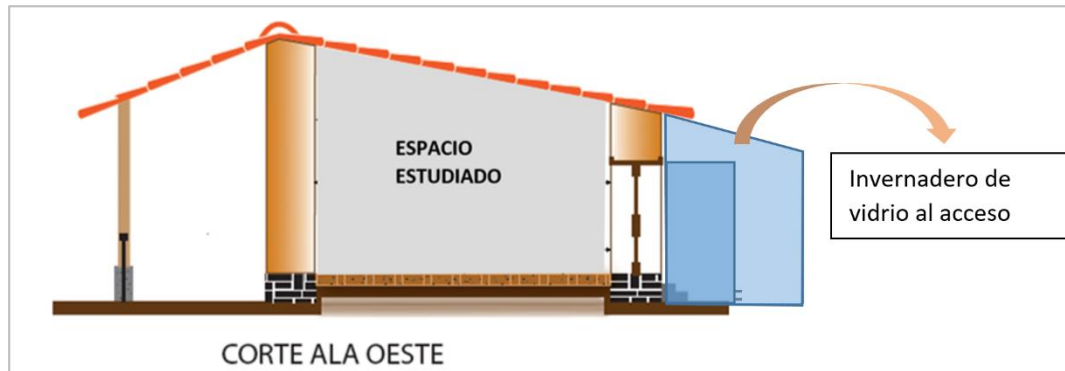
Cerramiento del local hermetizándolo para evitar posibles fugas, verificar condiciones de hendidjas en cubierta y puerta de acceso.

Se manejan 2 opciones invernaderos y claraboyas, se estudia primero el efecto de solo una de ellas y en luego el de ambas:

Generación de un espacio de transición desde el exterior, un invernadero previo al acceso que elimine la posibilidad de fugas de calor y posibles puentes térmicos.

Se propone la apertura de claraboyas en cubierta que permitan el paso de la luz para mejorar adicionalmente las condiciones lumínicas.

Esquema 18: Propuesta Ala Oeste – Vista en Corte

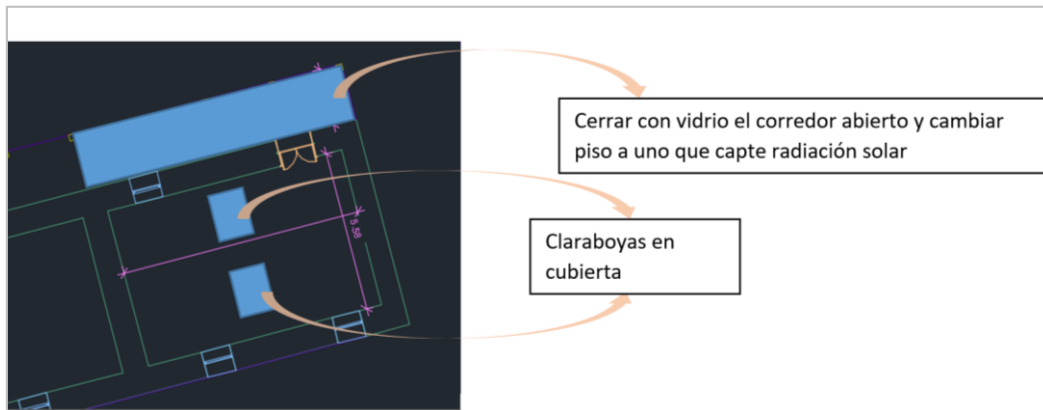


Fuente: Elaboración propia, 2018

5.1.3 Propuesta Ala Sur

Las condiciones de falta de confort tanto térmico como respecto a la humedad interior del espacio estudiado en el ALA SUR evidencian la necesidad de proponer alternativas como:

Esquema 19: Propuesta Ala Sur – Vista en Planta



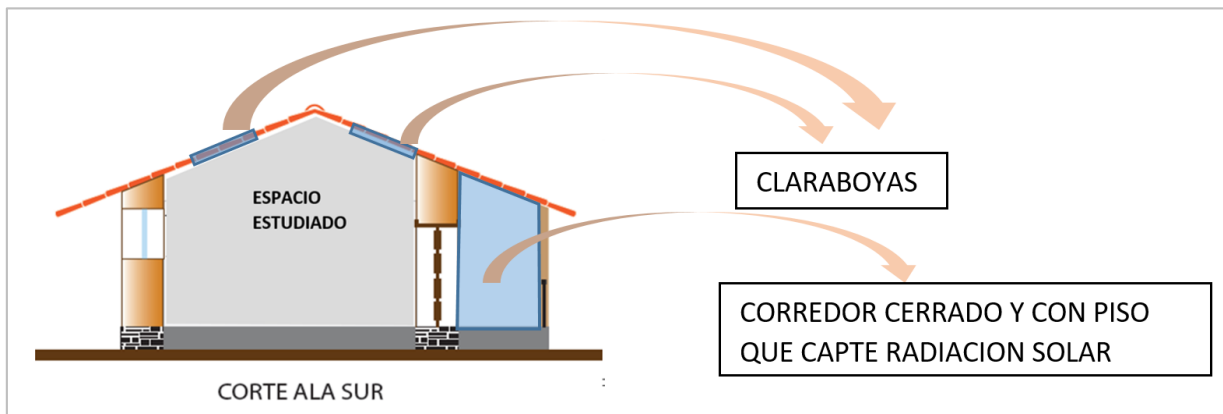
Fuente: Elaboración propia, Autocad 2018

Cerramiento del local hermetizándolo para evitar posibles fugas, hendijas de cubierta y puerta de acceso

Apertura controlada en cubierta que permitan el paso de la luz y el manejo de materiales que eliminen la posibilidad de fugas de calor por esa vía.

Generar un invernadero cubierto al cerrar con vidrio el espacio de transición ya existente cubierto – abierto que colinda con el exterior.

Esquema 20: Propuesta Ala Sur – Vista en Corte



Fuente: Elaboración propia, 2018

5.1.4 Propuesta Ala Este

La propuesta para el Ala Este incluye lo siguiente:

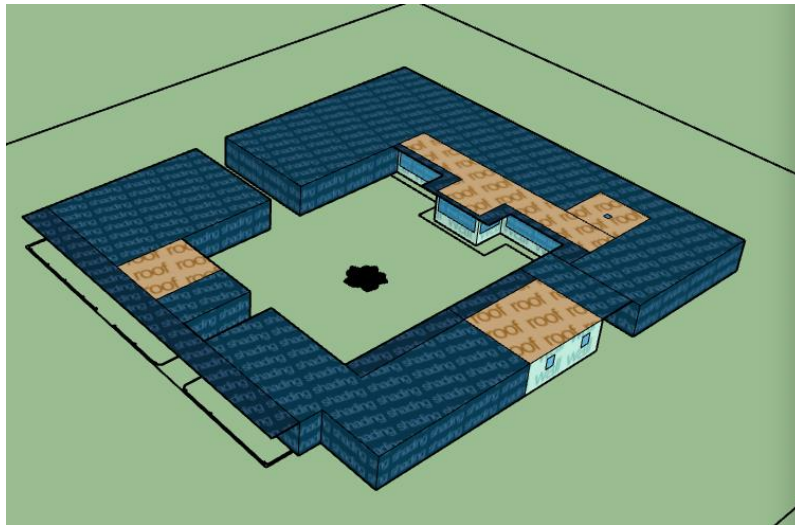
Cerramiento del local hermetizándolo para evitar posibles fugas, a través de la claraboya existente y de las dos puertas de acceso.

Manejar la posibilidad de abrir otra claraboya que capte radiación de la tarde, al otro lado del cumbrero, en el ala opuesta de la cubierta.

Usar el espacio existente bajo el piso de madera y proponer un piso radiante que mediante el uso de energía limpia, generada por paneles solares consiga elevar la temperatura y mejorar las condiciones de humedad relativa del aire al interior.

El modelado se realizó en SketchUp y usando el plug-in de Sefaira, se evaluaron los 3 espacios. El modelo presentado es un modelo simplificado de las condiciones del espacio a evaluar para probar las estrategias (se redibuja con techos planos) como se observa en la Figura de modelación 1.

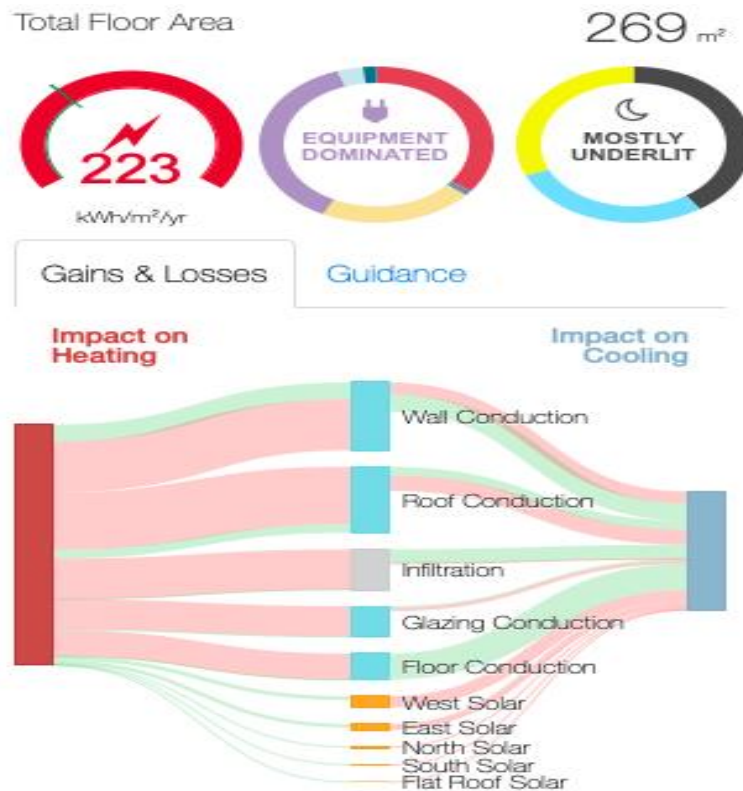
Figura de Modelación 1: Modelación Volumétrica Simple



Fuente: Elaboración propia, Sefaira 2018

Se puede observar que a pesar de que Sefaira realiza una evaluación superficial claramente se marcan las cargas de calentamiento de los espacios como las más prominentes, evidenciando en la modelación que los espacios necesitan calentarse para alcanzar confort térmico en espacios que se muestran bajo las temperaturas adecuadas. La Figura de modelación 2 muestra un acercamiento a estos resultados de Sefaira.

Figura de Modelación 2: Resultados Sefaira plug-in



Fuente: Elaboración propia, Sefaira 2018

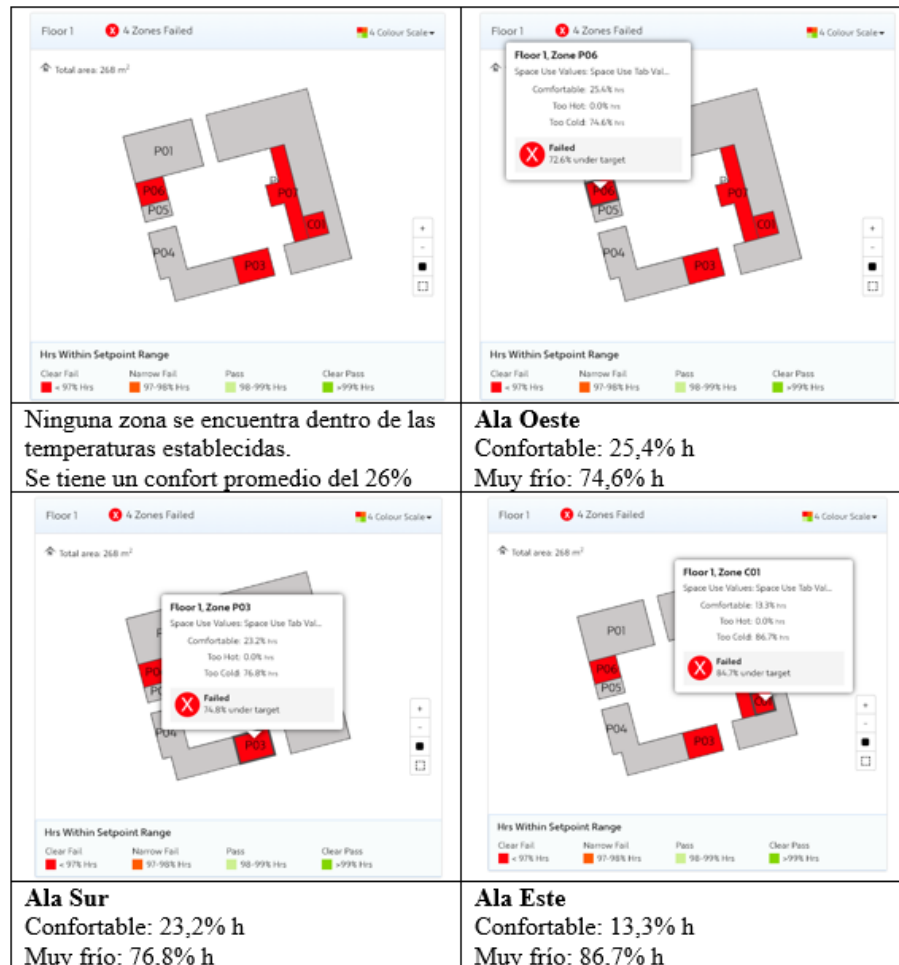
Ya que estos resultados responden a una primera evaluación se carga el modelo a la aplicación web de Sefaira para evaluar el confort térmico.

Se llama línea base a las condiciones habituales en el año tipo el espacio analizado, no necesariamente debe ser igual a los datos de las tomas efectuadas ya que pueden haber influido muchos factores para que las tomas se hicieran en unas condiciones especialmente negativas, años con Temperaturas más frías que lo habitual en ese sitio, o en condiciones en que la Humedad Relativa se mostró excesivamente elevada respecto a la media.

En el caso de la presente tesis los valores de la línea base siguieron la tendencia de estar en un gran porcentaje fuera de la zona de confort. Pero los registros realizados con los hobos fueron inclusive más bajos en temperatura y más altos en Humedad relativa que los obtenidos en la modelación de la línea base a comparar.

Los datos se registran en Sefaira y se presenta la Figura de modelación 4, con el análisis térmico de la línea base.

Figura de Modelación 3: Análisis Del Confort Térmico De La Línea Base



Fuente: Elaboración propia, Sefaira 2018

Primero se realiza el análisis completo del modelo de toda la edificación. Ninguna zona se encuentra dentro de las temperaturas establecidas como parámetros límites dentro de confort térmico.

Se tiene un confort promedio del 26% Luego se analiza cada ala estudiada y en todas se verifica la falta de confort en mayor o menor grado. El ala este es la más problemática con solo 13.3 % de horas año dentro de confort.

Es importante generar las estrategias de mejora planteadas en las propuestas y se analizan las siguientes:

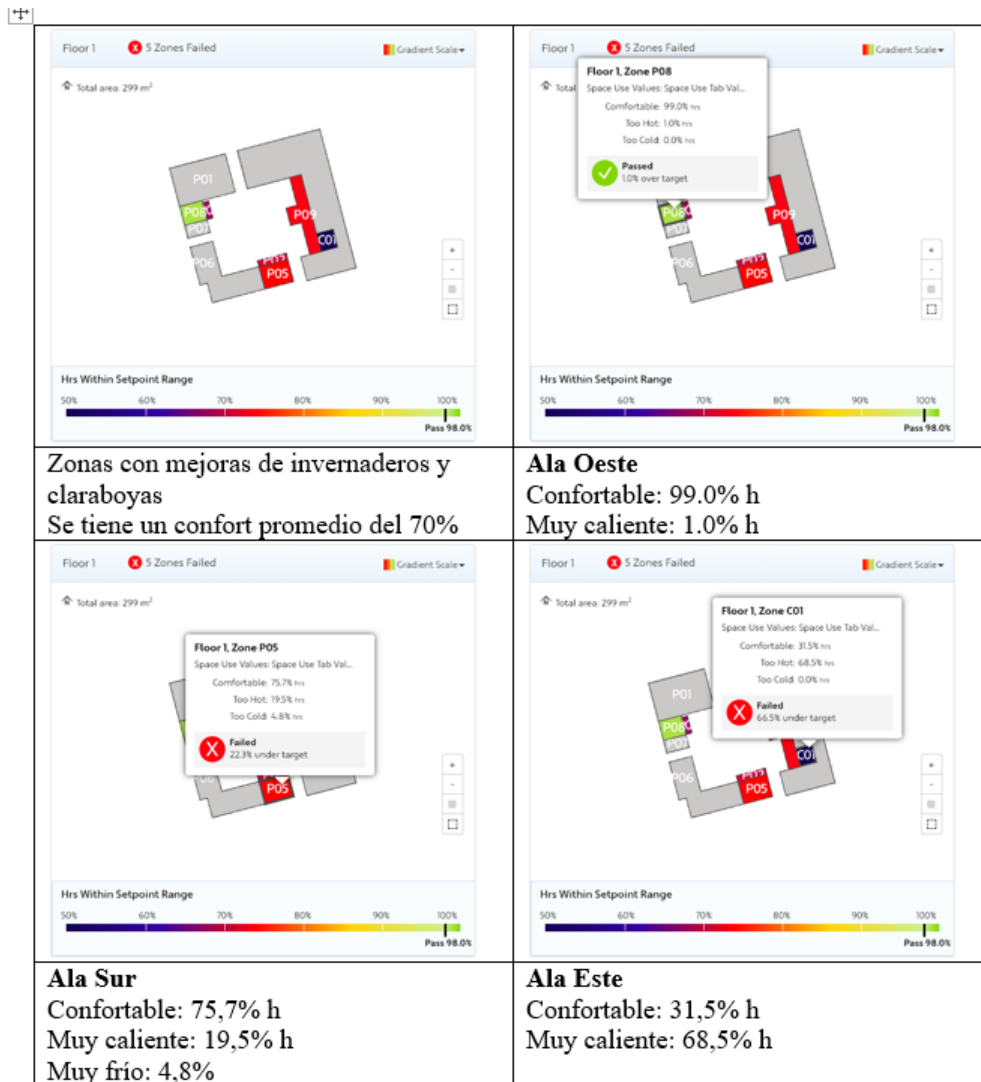
Se plantean espacios de transición en los accesos, tipo invernadero con total transparencia a la entrada del ala este para mejorar el confort. En el ala sur se cierra el corredor frente a la puerta el espacio abierto- cubierto ya existente con un elemento transparente.

La siguiente propuesta es abrir claraboyas y ventanas, en el ala este y oeste. Cabe recalcar que el ala oeste ya tenía una claraboya por lo que se planifica hacer más grande esta apertura y colocarla a en ambos faldones de la cubierta.

Respecto a las condiciones de diseño son las mismas usadas en la línea base, ya que en la estrategia no especifica alterar los materiales. La idea es mantener el sistema constructivo.

En cuanto al modelado y simulaciones se utilizó una metodología similar a la usada para la línea base, modelando los resultados en SketchUp y luego subiendo el modelo para hacer los comparativos usando la aplicación web de Sefaira como se muestra en la Figura de modelación 5.

Figura de Modelación 4: Análisis Usando Las Estrategias De Mejora



Fuente: Elaboración propia, Sefaira 2018

Como se puede observar la estrategia de los invernaderos mejora las condiciones de confort de 26% a un 59% en promedio, mientras que, juntando invernaderos y claraboyas, las condiciones mejoran a 70% de confort promedio. La Figura de modelación 5 muestra los resultados obtenidos para el análisis de confort térmico de cada uno de los espacios. Cabe

recaltar que los espacios se marcarán en verde si las temperaturas simuladas se encuentran dentro del rango de confort el 98% del tiempo.

Figura de Modelación 5: Resumen de evaluación térmica

		HVAC System Type	Av. % Comfortable	AHU Design Airflow	Total Unmet Hours	% Building Passing			
Baseline Concept 269 m ²		Fan Coil Units and Central Plant	26%	270 (L/s)	3,826 hrs	0 % area			
Invernaderos	Fan Coil Units and Central Plant	59	▲126%	300	▲11%	3,308	▼13%	0	▲0%
Invernaderos + claraboyas	Fan Coil Units and Central Plant	70	▲169%	300	▲11%	3,639	▼4%	16	▲0%

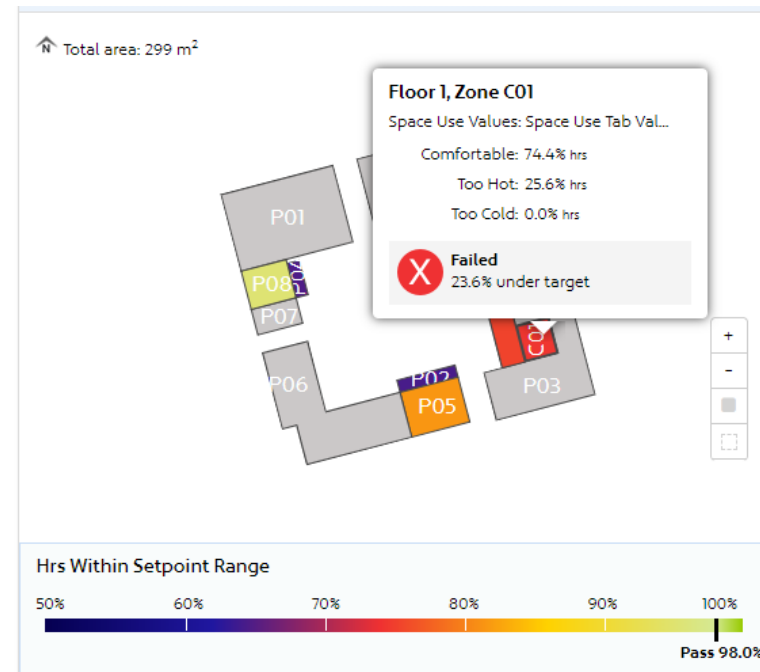
Fuente: Elaboración propia, Sefaira 2018

Aplicadas las estrategias de mejora, Figura de modelación 6, vemos que analizado el modelo de toda la edificación funciona porque se logra elevar desde 26 % a 59% usando invernaderos y hasta el 70 % adicionando también claraboyas.

Ahora podemos observar que las estrategias funcionan muy bien en el ala este, mientras que el ala sur presenta condiciones de cargas de sobrecalentamiento el 19,5% de las horas del año, esta condición puede ser minimizada al utilizar estrategias que involucren al usuario, abriendo las ventanas cuando se sientan estas condiciones y utilizando cortinas.

El ala este aún no se encuentra en confort (es el único espacio que no figura marcado con verde), presenta un caso particular donde al parecer el tener 2 claraboyas influye en el sobrecalentamiento del espacio por lo que se considera analizar este espacio usando 1 sola claraboya y se propone usar cortinas de totora para minimizar estas condiciones.

Figura de Modelación 6: Ala Este con Una Sola Claraboya

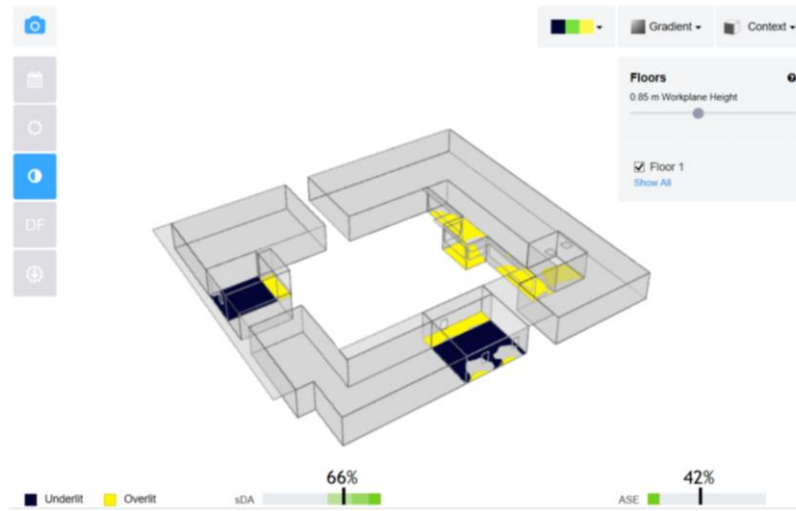


Fuente: Elaboración propia, Sefaira 2018

Con estas condiciones se espera alcanzar un confort térmico de alrededor del 74,4% de las horas del año y para el 25,6% donde se sentirá muy caliente se podrá usar estrategias como las planteadas para el ala sur.

Finalmente y aunque no es objeto de la presente tesis el estudio lumínico se hace constar que el programa seleccionado Sefaira, simultáneamente con entregarnos valores de confort térmico, adicionalmente nos alerta sobre este particular y se muestra en la Figura de Modelación 8, realizado con datos de la línea base que los dos espacios de estudio, ala Oeste y ala Sur, no están suficientemente iluminados por lo que el incluir claraboyas será también una solución en este aspecto.

Figura de Modelación 7: Confort Lumínico Espacios de Estudio.



Fuente:Elaboración propia, Sefaira 2018

CAPÍTULO 6:

6.1 Conclusiones y Recomendaciones

Se identificaron, luego de la evaluación de desempeño, factores del sistema constructivo estudiado que generan consecuencias térmicas:

El sistema constructivo, con alta inercia térmica, protege de las variaciones externas obteniendo una menor amplitud entre registros altos y bajos, tanto de temperatura como de humedad relativa, respecto del exterior

El sistema constructivo es más vulnerable a condiciones climáticas como las detectadas en la serranía ecuatoriana, se deteriora en ese tipo de climas debido a las altas condiciones de humedad a las que se encuentra expuesto.

Un sistema constructivo es integral y en este caso, respecto a las uniones de la mampostería de tierra, tanto con la cubierta de madera - teja, como con la ventanería, permite la existencia de infiltraciones de aire y la generación de puentes térmicos, que generan pérdidas de calor al exterior ya que no logran hermeticidad.

Respecto a la Humedad relativa la norma internacional, no es acorde a nuestra realidad climática se sugiere fomentar la investigación para obtener mayor evidencia científica de los diferentes climas del Ecuador a fin de que la normativa responda a datos científicos locales.

Se requiere documentación científica que verifique, la relación humedad relativa y sensación térmica respecto a temperaturas bajo los 20°C.

Se recomienda a futuro la validación en estado estacionario de riesgo de condensación intersticial del muro de tierra de este sistema constructivo.

En cuanto al uso de programas de modelación. Se evidencia la efectividad de evaluar el desempeño de construcciones como las del caso de estudio de la presente tesis, para proponer y probar soluciones en edificaciones existentes con sistemas constructivos de tierra, mediante modelaciones.

Se concluye que es posible mejorar las condiciones de confort térmico con la utilización de estrategias pasivas, en nuestro caso con invernaderos y claraboyas se mejoraron las condiciones de los tres espacios estudiados.

Se sugiere que siempre se opte por estrategias pasivas como primera opción para alcanzar el confort térmico y se proponga el uso de las activas solo en casos extremos de dificultad de orientación que imposibiliten lograr ganancia solar.

Se evidencian los beneficios usar programas de modelación como Sefaira, este tiene la facilidad de realizar evaluaciones integrales y nos da alertas incluso de variantes no estudiadas como el factor de luz día. Se recomienda que modelar si es una herramienta muy útil para probar las estrategias pero se requiere una experticia específica.

Se concluye que para este tipo de climas y este sistema constructivo se necesita proveer de una radiación solar importante que ingrese a los espacios habitados. Se recomienda el uso de claraboyas, invernaderos adosados, u otro tipo de dispositivos de control ambiental.

En cuanto a la metodología. Se recomienda el uso de la metodología de investigación aplicada, bajo el tipo de “caso de estudio” porque permite documentar objetivamente con evidencia científica los parámetros estudiados y es replicable en cualquier contexto.

Usar el modelo de confort cuantitativo permitió trabajar el estudio aun sin datos específicos de los usuarios, permitió evaluar el desempeño del sistema constructivo frente a variables objetivas como la temperatura y la humedad.

Finalmente, se recomienda realizar la aplicación en sitio y nuevas mediciones para constatar la efectividad de las estrategias propuestas. Analizar posibles desfases con la simulación por computador y los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFIA

- AEIPRO - Eventos. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de <https://www.aepro.com/es/eventos>
- Aguirre Ullauri, M. D. C. (2017). La Casa de Hacienda de Shuracpamba: visión arquitectónica desde el análisis estratigráfico. *Arqueología de la Arquitectura*, (13), 042. <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2016.021>
- Arens, E. (s. f.). Thermal Comfort in the Context of Radiant Systems, 27.
- Arquitectura Bioclimática. (2012, diciembre 17). Recuperado 24 de enero de 2019, de <https://www.eadic.com/arquitectura-bioclimatica/>
- Arquitectura Bioclimática - EADIC - Cursos y Master para Ingenieros y Arquitectos. (s. f.). Recuperado 24 de enero de 2019, de <https://www.eadic.com/arquitectura-bioclimatica/>
- Censos, I. N. de E. y. (s. f.-a). Base de Datos – Censo de Población y Vivienda. Recuperado 23 de enero de 2019, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Censos, I. N. de E. y. (s. f.-b). Etapas del Censo de Población y Vivienda. Recuperado 23 de enero de 2019, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/etapas-del-censo-de-poblacion-y-vivienda/>

- Censos, I. N. de E. y. (s. f.-c). ¿Qué es el Censo de Población y Vivienda? Recuperado 23 de enero de 2019, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/que-es-el-censo-de-poblacion-y-vivienda-2/>
- Clima Tulcán: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Tulcán - Climate-Data.org. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-carchi/tulcan-2978/>
- Criado, J. M., Ortega, A., Rouquerol, J., & Rouquerol, F. (1986). UN NUEVO MÉTODO DE ANALISIS TÉRMICO: EL ANALISIS TÉRMICO A VELOCIDAD DE TRANSFORMACIÓN CONTROLADA (ATVC). T). . . I, 8.
- Cruz, L. C. (1983). *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Banco Central del Ecuador.
- Espinoza, R., Saavedra, G., Huaylla, F., Gutarra, A., Molina, J., Barrionuevo, R., & Lau, L. (s. f.). EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE CAMBIOS CONSTRUCTIVOS PARA LOGRAR CONFORT TÉRMICO EN UNA VIVIENDA ALTOANDINA DEL PERÚ, 8.
- Ferreiro, H. (1991). *Manual de arquitectura solar*. Trillas.
- García, F. F. (s. f.). Clima y Confortabilidad Humana. Aspectos Metodológicos, 17.
- Gómez-Azpeitia, G., Morales, G. B., & Torres, R. P. R. (2007). El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados, I, 14.
- HOBOWare Free Download | Onset HOBOWare Data Logger. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de <https://www.onsetcomp.com/hoboware-free-download>
- Home | ashrae.org. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de <https://www.ashrae.org/>

- Instrumentos para medir la temperatura radiante media (trm) – SatirNet Safety. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de <http://www.satirnet.com/satirnet/2015/07/24/instrumentos-para-medir-la-temperatura-radiante-media-trm/>
- Kõiv, T.-A., & Koiv, T. (s. f.). Indoor climate of an unheated apartment and its impact on the heat consumption of adjacent apartments, 6.
- Kvisgaard, B. (2000). La Comodidad Térmica. Recuperado 12 de julio de 2018, de <https://www.scribd.com/document/268397966/La-Comodidad-Te-rmica>
- La Comodidad Térmica. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de <https://www.scribd.com/document/268397966/La-Comodidad-Te-rmica>
- LA ECOTECNOLOGÍA EN MÉXICO - Jorge Adrián Ortiz Moreno, Omar Raúl Masera Cerutti, Alfredo Fernando Fuentes Gutiérrez - Google Libros. (s. f.). Recuperado 24 de enero de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=RMrmBgAAQBAJ&pg=PA109&dq=Arquitectura+Solar+y+sustentabilidad.+M%C3%A9xico:+Trillas,+LACOMBA&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjkcDwj4XgAhWFtlkKHfSGCZIQ6AEIMDAB#v=onepage&q=Arquitectura%20Solar%20y%20sustentabilidad.%20M%C3%A9xico%3A%20Trillas%20LACOMBA&f=false>
- Lacomba, R. (2003). *La ciudad sustentable/ The sustainable city: Creacion Y Rehabilitacion De Ciudades Sustentables/ Rehabilitation and Creation of Sustainable Cities*. Editorial Trillas Sa De Cv.

- Lacomba, R. (2004). *Las casas vivas: proyectos de arquitectura sustentable*. Trillas.
- Lara, M. A. C., Partida, F. Á., Sánchez, J. de A., Guzmán, F. A. E., Elizondo, R. F., Astudillo, N. C. G.,... Piombo, P. V. (2016). *Aportes a la sustentabilidad: Una mirada desde la gestión del territorio y los recursos naturales*. ITESO.
- Mapa de zonificación climática del Ecuador, iner - Buscar con Google. (s. f.). Recuperado 10 de julio de 2018, de <https://www.google.com.ec/search?q=Mapa+de+zonificacion+clim%C3%A1tica+del+Ecuador,+iner&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj63uuvyJXcAhUE7IMKHagqBGcQsAQIMA#imgrc=Lu-tgfOVHDVtzM:>
- Miño, I., Lobato, A., & Labus, J. (s. f.). Simulaciones energéticas como herramienta para evaluación térmica de las viviendas sociales del Ecuador: Caso Yachay, 8.
- PCIE | Plataforma de conocimiento e información energética. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de http://plataforma.iner.ec/kpe-i-war/faces/mext/wrapper.xhtml?u=http://iner.ec/plataforma/Guia%20EEE_baja.pdf
- (PDF) COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDAS SOCIALES MEDIANTE INCORPORACIÓN DE MEJORAS DE DISEÑO EN LA ENVOLVENTE. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/266455656_COMPORTAMIENTO_TERMICO_DE_VIVIENDAS_SOCIALES_MEDIANTE_INCORPORACION_DE_MEJORAS_DE_DISEÑO_EN_LA_ENVOLVENTE

- (PDF) Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas (Actualización). (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/317239661_Estrategias_para_mejorar_las_condiciones_de_habitabilidad_y_el_consumo_de_energia_en_viviendas_Actualizacion
- Plea 2016. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de <http://www.plea2016.org/>
- Román, J., & Kruskaya, M. (2015). Análisis de las construcciones rurales en el Barrio central de la parroquia Chuquiribamba, cantón Loja, provincia de Loja. Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/11393>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN – Ecuador. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- SIMULACIÓN TÉRMICA DE FORJADOS. ANÁLISIS COMPARATIVO Y ESTUDIO DEL COSTE ENERGÉTICO. (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2019, de https://www.aepro.com/index.php/es/repository/congresos/congresos_huesca2011/congresos_huesca2011_02/SIMULACION-TERMICA-DE-FORJADOS.-ANALISIS-COMPARATIVO-Y-ESTUDIO-DEL-COSTE-ENERGETICO/
- Tavera, G., & Luis, J. (1999). Análisis, evaluación y adecuación bioclimática del Centro de Investigación en la Paz, Baja California Sur, México. Recuperado de <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/1213>
- Turégano, J. A., Hernández, M. A., & García, F. (s. f.). La inercia térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de carácter pasivo, 16.

- Vargas Cordero, Z. R. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155.
<https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>
- Viqueira, M. R. (2001). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. Limusa.

ANEXOS

- 1. ANEXO 1: COMPARACIÓN ALA OESTE ABRIL - JULIO 2017**
- 2. ANEXO 1: COMPARACIÓN ALA SUR ABRIL - JULIO 2017**
- 3. ANEXO 1: COMPARACIÓN ALA ESTE ABRIL - JULIO 2017**
- 4. ANEXO 4: ALA OESTE TOTAL ABRIL 2017**
- 5. ANEXO 5: ALA OESTE TOTAL JULIO 2017**
- 6. ANEXO 6: ALA SUR TOTAL ABRIL 2017**
- 7. ANEXO 7: ALA SUR TOTAL JULIO 2017**
- 8. A ANEXO 8: ALA ESTE TOTAL ABRIL**
- 9. ANEXO 9: ALA ESTE TOTAL JULIO 2017**
- 10. ANEXO 10: ESTACION TOMALÓN DESDE 1990 A 2012**
- 11. ANEXO 11: ARCHIVOS EXCEL DE DATOS SEFAIRA.**