

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN



## CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

PROPUESTA DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO CON CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL CONFORT TÉRMICO EN LA VIVIENDA SOCIAL FINANCIADA POR EL MIDUVI EN EL SECTOR RICAURTE

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

AUTOR: JORGE ALFREDO SALAS PIEDRA

DIRECTOR: JOSÉ FRANCISCO PESÁNTEZ PESÁNTEZ

2017



## DECLARACIÓN.

Yo, JORGE ALFREDO SALAS PIEDRA, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

JORGE ALFREDO SALAS PIEDRA



CERTIFICACIÓN.

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por JORGE ALFREDO SALAS PIEDRA, bajo mi supervisión.

---

ARQ. MSc. JOSÉ PESÁNTEZ



## AGRADECIMIENTOS.

Al Arquitecto José Pesántez, por la dirección de la presente tesis.

Al Ingeniero David Beltrán, asesor de la presente tesis quien desinteresadamente me atendió y compartió información indispensable para la conclusión de la misma.

Al Arquitecto Giovanni Albarracín, por ser quien colaboró con información y asesoría.



## DEDICATORIA.

A mis maravillosos padres, Jorge Alfredo Salas Chamba y María Georgina Piedra mi mamita Juji, que sin su apoyo nada de esto sería posible, a mis hermanas que fueron parte de mi formación profesional, a mis compañeros y amigos que durante este trayecto estudiantil me colaboraron.



## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el déficit cualitativo de la vivienda es alto según el Ministerio de Desarrollo Urbano y vivienda, esto se traduce en la falta de condiciones óptimas de habitabilidad de las personas, en especial de las que no cuentan con recursos económicos y deben habitar en viviendas construidas con materiales poco adecuados o baratos,

Lo que se busca demostrar en esta investigación es el disconfort térmico que se presenta en la vivienda social debido a un mal diseño y mala elección de materiales para su construcción, agravando el problema de la salud de sus habitantes, problema que no se presenta únicamente en la vivienda social sino en la mayoría de edificaciones.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las viviendas construidas por el MIDUVI se hacen en base a un presupuesto ajustado, cumpliendo únicamente con la labor de entregar un techo en donde vivir a las personas necesitadas, pero no se toma en consideración el sitio en donde se construirá, ni los materiales adecuados para lograr que la vivienda brinde a sus usuarios un confort térmico, . Esta falta de criterio en la construcción trae consigo una serie de problemas que padecen sus usuarios, estos problemas son enfermedades como gripes, alergias, entre otras, además no permite realizar las labores cotidianas de una manera adecuada.



## OBJETIVO GENERAL

El principal objetivo de este estudio es determinar el disconfort térmico que existe en las viviendas sociales entregadas por el MIDUVI en la parroquia Ricaurte en la ciudad de Cuenca, y proponer un diseño de vivienda con criterios bioclimáticos, en la que se logre tener un ambiente confortable térmicamente, mediante el uso de estrategias pasivas y el uso de materiales de construcción adecuados.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener información de la vivienda, visita de campo (dimensiones, características formales, materiales de la envolvente, temperatura, humedad, condiciones climáticas exteriores, entre otras).
- Simulación energética en el programa Design Builder para determinar las características térmicas en que se encuentra la vivienda,
- Tabulación de resultados obtenidos de las simulaciones, para determinar cuales son los mejores materiales a utilizar para lograr confort térmico.
- Determinación de estrategias de diseño pasivo para lograr confort térmico.



## JUSTIFICACIÓN

La construcción de la vivienda social en el Ecuador tiene una metodología errónea al implementar la misma tipología en todo el país, en cuanto a su materialidad y forma, ya que nuestro país cuenta con varias zonas climáticas, las que tienen condiciones diferentes que debemos tomar en cuenta dentro del ámbito de la arquitectura, punto muy importante a considerar si se quiere brindar confort térmico.

La importancia de investigar sobre el confort térmico en la vivienda permitirá tomar decisiones adecuadas tanto en el diseño como en la elección de sus materiales, para de esta manera en un futuro hacer cambios en la construcción de las mismas, ya que por ser viviendas de bajos recursos económicos o vivienda social no significa que tenga que ser mal construida, convirtiéndose en una fuente de enfermedades, y en lugar de contribuir con la comunidad estamos provocando problemas sociales y medioambientales.

## METODOLOGÍA

Para lograr este objetivo se utilizan programas de simulación energética de edificaciones para analizar el desempeño térmico, tomando en cuenta las condiciones climáticas del sitio de emplazamiento de la vivienda. Para este fin y por falta de información meteorológica del lugar, mediante el programa *Meteonorm* se crea un fichero climático con datos horarios el que servirá para las simulaciones. Del mismo modo se realizó un levantamiento sobre materiales utilizados en la construcción y datos de actividad de los ocupantes para poder realizar las simulaciones. Posterior a las simulaciones se determinó que efectivamente la vivienda no presta condiciones de confort para sus usuarios, debido a los materiales utilizados y a las técnicas constructivas.

A continuación se realizaron varias combinaciones de materiales, que se pueden utilizar en la vivienda para determinar la mejor combinación de los mismos y que permitan tener confort térmico. Por otro lado se elige cuáles son las mejores estrategias pasivas para este tipo de clima, para este fin se utilizó el programa *Climate Consultant*.



## ÍNDICE.

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	V
OBJETIVO GENERAL.....	VI
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	VI
JUSTIFICACIÓN.....	VII
METODOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII

## CAPÍTULO 1

1.1 RELACIÓN ARQUITECTURA CLIMA.....	36
--------------------------------------	----

## CAPÍTULO 2

2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	41
2.2 CONFORT TÉRMICO.....	43
2.2.1 VARIABLES QUE INTERVIENEN PARA LA EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO.....	45
2.2.1.1 VARIABLES AMBIENTALES.....	45
2.2.1.2 TEMPERATURA DEL AIRE.....	45
2.2.1.3 HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE.....	45
2.2.1.4 TEMPERATURA RADIANTE MEDIA.....	46
2.2.1.5 VELOCIDAD DEL AIRE.....	46
2.2.1.6 FACTORES PERSONALES.....	47
2.2.1.7 METABOLISMO.....	47
2.2.1.8 VESTIMENTA.....	47
2.3 FORMAS DE TRANSMISIÓN DE CALOR.....	49
2.3.1 CALOR.....	49
2.3.2 CONDUCCIÓN.....	49
2.3.3 CONVECCIÓN.....	49
2.3.4 RADIACIÓN.....	50
2.4 MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO.....	51
2.4.1 GRÁFICA DE VICTOR OLGAY.....	51
2.4.2 GRÁFICA DE GIVONI.....	52



2.4.3	ECUACIONES DE FANGER.....	53	2.6.4.1	CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR.....	65
2.4.3.1	VOTO MEDIO ESTIMADO (PMV).....	53	2.6.4.2	CONSERVACIÓN DE ENERGÍA.....	65
2.4.3.2	PORCENTAJE DE PERSONAS INSATISFECHAS (PPD).....	53	2.6.4.3	ESTRATEGIAS DE CALEFACCIÓN.....	65
2.5	NORMATIVA EN ECUADOR SOBRE CONFORT TÉRMICO.....	55	2.6.4.4	ESTRATEGIAS DE REFRIGERACIÓN.....	67
2.6	ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	56	2.6.4.5	HUMIDIFICACIÓN.....	74
2.6.1	FACTORES DEL CLIMA.....	57	2.6.4.6	VENTILACIÓN.....	75
2.6.1.1	LATITUD.....	57	2.6.4.7	AISLACIÓN.....	78
2.6.1.2	ALTITUD.....	57	2.6.4.8	PUENTE TÉRMICO.....	81
2.6.1.3	RELIEVE.....	57	2.7	ESTUDIO DE CASOS SIMILARES.....	82
2.6.1.4	DISTRIBUCIÓN TIERRA - AGUA.....	58	2.7.1	CASA ARAUCO.....	82
2.6.1.5	CORRIENTES MARINAS.....	58	2.7.1.1	CLIMA.....	83
2.6.1.6	MODIFICACIONES DEL ENTORNO.....	58	2.7.1.2	DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA.....	83
2.6.2	CLIMA.....	58	2.7.1.3	ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA.....	84
2.6.2.1	TEMPERATURA.....	59	2.7.1.4	MASA TÉRMICA.....	85
2.6.2.2	HUMEDAD.....	59	2.7.1.5	INVERNADERO.....	86
2.6.2.3	PRECIPITACIÓN.....	59	2.7.1.6	AISLACIÓN.....	87
2.6.2.4	VIENTO.....	59	2.7.1.7	VENTILACIÓN.....	89
2.6.2.5	PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	60	2.7.1.8	ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS ACTIVAS.....	90
2.6.2.6	RADIACIÓN.....	60	2.7.2	CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD.....	92
2.6.2.7	NUBOSIDAD.....	60	2.7.2.1	CLIMA.....	93
2.6.3	MICROCLIMA.....	61	2.7.2.2	ANÁLISIS DEL MICROCLIMA.....	94
2.6.4	ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS.....	61			



2.7.2.3	DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA.....	94
2.7.2.4	ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS.....	95
2.7.2.5	ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA.....	96
2.7.2.6	INVERNADERO.....	96
2.7.2.7	DISEÑO SOLAR PASIVO.....	97
2.7.2.8	MASA TÉRMICA.....	99
2.7.2.9	AISLACIÓN.....	101
2.7.2.10	VENTILACIÓN.....	101
2.7.2.11	MURO TROMBE.....	102
2.7.2.12	ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS ACTIVAS.....	102
2.7.3	VIVIENDAS ECOLÓGICAS PARA LA PROVINCIA DEL AZUAY....	103
2.7.3.1	CLIMA.....	103
2.7.3.2	DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA.....	104
2.7.3.3	ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS.....	104
2.7.3.4	ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA.....	104
2.7.3.5	INVERNADERO.....	104
2.7.3.6	DISEÑO SOLAR PASIVO.....	105
2.7.3.7	MURO TROMBE.....	105

### CAPÍTULO 3

3.1	SIMULACIONES ENERGÉTICAS.....	109
3.1.1	DETERMINACIÓN DE LA VIVIENDA DE ESTUDIO.....	109
3.1.2	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	111

3.1.3	OBTENCIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS DEL SITIO.....	114
3.1.4	SIMULACIONES ENERGÉTICAS.....	116
3.2	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	121

### CAPÍTULO 4

4.1	PROPUESTA DE DISEÑO.....	128
4.1.1	ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA VIVIENDA ACTUAL Y LA PROPUESTA.....	130
4.1.2	ANÁLISIS DE MATERIALES.....	132
4.1.3	ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA LA PROPUESTA DE DISEÑO.....	133
4.1.3.1	GANANCIAS DE CALOR INTERNAS.....	135
4.1.3.2	GANANCIAS POR ACRISTALAMIENTO, Y MASA TÉRMICA.....	136
4.1.3.3	TOLDO CORREDIZO.....	137
4.1.3.4	FORMA COMPACTA.....	138
4.1.4	DISTRIBUCIÓN DE LA PROPUESTA DE VIVIENDA.....	139
	CONCLUSIONES GENERALES.....	141
	ANEXOS.....	143
	BIBLIOGRAFÍA.....	156



## INDICE DE FIGURAS

FIG. 1 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	41
FIG. 2 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	42
FIG. 3 CONFORT TÉRMICO.....	43
FIG. 4 CONFORT TÉRMICO.....	44
FIG. 5 FORMAS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR (CONDUCCIÓN).....	49
FIG. 6 FORMAS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR (CONVECCIÓN).....	49
FIG. 7 GRÁFICA DE VICTOR OLGAY.....	51
FIG. 8 GRÁFICA DE GIVONI.....	52
FIG. 9 CARTA PSICOMÉTRICA ADOPTADA POR GIVONI.....	62
FIG. 10 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS UTILIZADAS EN LOS DIFERENTES CLIMAS DEL MUNDO.....	63
FIG. 11 CAPTACIÓN SOLAR.....	66
FIG. 12 ACRISTALADO EN GALERÍAS.....	66
FIG. 13 INVERNADERO CONTIGUO.....	66
FIG. 14 ABERTURAS EN TECHOS.....	66
FIG. 15 PISOS CAPTADORES.....	67
FIG. 16 PAREDES ACUMULADORAS.....	67
FIG. 17 MURO TROMBE.....	67
FIG. 18 ALERO.....	68

FIG. 19 ALERO.....	68
FIG. 20 PÓRTICO.....	68
FIG. 21 REPISA.....	69
FIG. 22 PERSIANA.....	69
FIG. 23 FALDÓN.....	69
FIG. 24 PANTALLA.....	69
FIG. 25 PÉRGOLA.....	70
FIG. 26 TOLDO.....	70
FIG. 27 TECHO ESCUDO.....	70
FIG. 28 PARTESOL.....	70
FIG. 29 PERSIANA.....	71
FIG. 30 MURO DOBLE.....	71
FIG. 31 MARCO.....	71
FIG. 32 CELOSÍA.....	72
FIG. 33 REMETIMIENTO DE VENTANA.....	72
FIG. 34 CAMBIO DE ORIENTACIÓN DE VENTANA.....	72
FIG. 35 CONTRAVENTANA.....	73
FIG. 36 CORTINAS Y PERSIANAS INTERIORES.....	73
FIG. 37 DOBLE VIDRIO.....	73
FIG. 38 PROTECCIÓN CON VEGETACIÓN.....	74
FIG. 39 PROTECCIÓN CON ENREDADERAS.....	74



FIG. 40 HUMIDIFICACIÓN POR VEGETACIÓN.....	74	FIG. 61 PLANTA BAJA - PLANTA ALTA.....	95
FIG. 41 VEGETACIÓN INTERIOR.....	75	FIG. 62 ORIENTACIÓN.....	96
FIG. 42 CONTACTO CON AGUA.....	75	FIG. 63 GANANCIAS SOLARES POR VENTANAS.....	97
FIG. 43 AGUA EN TUBERÍAS.....	75	FIG. 64 GANANCIAS SOLARES POR CLARABOYAS.....	98
FIG. 44 CAPTACIÓN DE VIENTO.....	75	FIG. 65 MASA TÉRMICA.....	99
FIG. 45 AISLACIÓN TÉRMICA BIEN INSTALADA.....	78	FIG. 66 LECHO DE ROCAS.....	100
FIG. 46 AISLACIÓN TÉRMICA MAL INSTALADA.....	78	FIG. 67 MURO TROMBE.....	102
FIG. 47 AISLACIÓN TÉRMICA CONTINUA.....	78	FIG. 68 INVERNADERO.....	105
FIG. 48 PUENTE TÉRMICO.....	81	FIG. 69 MURO TROMBE.....	105
FIG. 49 UBICACIÓN.....	82	FIG. 70 UBICACIÓN DE VIVIENDAS EN RICAURTE, ENTREGADAS POR EL MIDUVI.....	110
FIG. 50 SOLSTICIO Y EQUINOCCIO, BIOBIO.....	83	FIG. 71 VIVIENDA ENTREGADAS POR EL MIDUVI.....	111
FIG. 51 ELEVACIÓN FRONTAL Y POSTERIOR.....	84	FIG. 72 VIVIENDA ENTREGADAS POR EL MIDUVI.....	111
FIG. 52 LECHO DE ROCAS (MASA TÉRMICA).....	85	FIG. 73 VIVIENDA SELECCIONADA EN RICAURTE.....	111
FIG. 53 INVERNADERO.....	86	FIG. 74 VIVIENDA SELECCIONADA EN RICAURTE.....	112
FIG. 54 DETALLE (AISLACIÓN TÉRMICA EN PARED).....	87	FIG. 75 VIVIENDA SELECCIONADA EN RICAURTE.....	112
FIG. 55 DETALLE (AISLACIÓN TÉRMICA EN CUBIERTA).....	88	FIG. 76 PLANOS VIVIENDA, ESTADO ACTUAL.....	112
FIG. 56 DETALLE (AISLACIÓN TÉRMICA EN PUERTAS).....	89	FIG. 77 UBICACIÓN VIVIENDA (LATITUD, LONGITUD).....	114
FIG. 57 ISOMETRÍA (COLECTOR SOLAR DUCHA).....	90	FIG. 78 RADIACIÓN SOLAR.....	115
FIG. 58 VENTILACIÓN.....	91	FIG. 79 TEMPERATURA.....	115
FIG. 59 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS ACTIVAS.....	91	FIG. 80 PRECIPITACIÓN.....	115
FIG. 60 UBICACIÓN.....	92		



FIG. 81 DURACIÓN DE LA INSOLACIÓN.....	116
FIG. 82 RADIACIÓN GLOBAL DIARIA.....	116
FIG. 83 TEMPERATURA DIARIA.....	116
FIG. 84 MODELADO, PRIMERA SIMULACIÓN.....	117
FIG. 85 ESTANQUEIDAD EN PUERTAS Y VENTANAS.....	119
FIG. 86 MODELADO, PRIMERA SIMULACIÓN.....	119
FIG. 87 MODELADO, SEGUNDA SIMULACIÓN.....	119
FIG. 88 MODELADO, TERCERA SIMULACIÓN.....	120
FIG. 89 ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA 90°.....	128
FIG. 90 ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA 270°.....	129
FIG. 91 INFILTRACIONES POR PUERTA Y VENTANAS.....	133
FIG. 92 DIAGRAMA DE GIVONI, PROPORCIONADO POR EL CLIMATE CONSULTANT.....	134
FIG. 93 GANANCIAS DE CALOR INTERNAS, ESTRATEGIA PROPORCIONADA POR EL CLIMATE CONSULTANT.....	135
FIG. 94 GANANCIAS Y ALMACENAMIENTO DE CALOR, ESTRATEGIA PROPORCIONADA POR EL CLIMATE CONSULTANT.....	136
FIG. 95 ESTRATEGIA BIOCLIMÁTICAS (PATIO SEVILLANO).....	137
FIG. 96 INCIDENCIA DEL SOL EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA, DORMITORIOS.....	137
FIG. 97 FORMA.....	138

FIG. 98 PLANTA PROPUESTA.....	139
FIG. 99 SOLEAMIENTO EN LA MAÑANA.....	140

#### INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. TEMPERATURA OPERATIVA, PRIMERA SIMULACIÓN.....	122
GRÁFICO 2. TEMPERATURA OPERATIVA, SEGUNDA SIMULACIÓN.....	123
GRÁFICO 3. TEMPERATURA OPERATIVA, TERCERA SIMULACIÓN.....	124
GRÁFICO 4. TEMPERATURA OPERATIVA, GRÁFICA UNIFICADA.....	125
GRÁFICO 5. GANANCIAS SOLARES POR VENTANAS EXTERIORES.....	128
GRÁFICO 6. GANANCIAS SOLARES POR VENTANAS EXTERIORES.....	129
GRÁFICO 7. GANANCIAS SOLARES.....	129
GRÁFICO 8. BALANCE ENERGÉTICO, PÉRDIDAS DE CALOR.....	130
GRÁFICO 9. BALANCE ENERGÉTICO, GANANCIAS DE CALOR.....	130
GRÁFICO 10. BALANCE ENERGÉTICO, PÉRDIDAS DE CALOR.....	131
GRÁFICO 11. BALANCE ENERGÉTICO, GANANCIAS DE CALOR.....	131

#### INDICE DE TABLAS

TABLA 1 TASA METABÓLICA PARA TAREAS TÍPICAS.....	48
TABLA 2 AISLAMIENTO DE PRENDAS (CLO).....	48



TABLA 3	ESCALA DE SENSACIÓN TÉRMICA EN FUNCIÓN DEL VOTO MEDIO.....	54
TABLA 4	COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA U MÁXIMOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CERRAMIENTO Y LA ZONA CLIMÁTICA, CLIMAS FRÍOS.....	55
TABLA 5	AISLANTES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	79
TABLA 6	AISLANTES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	80
TABLA 7	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN LA VIVIENDA ENTREGADAS POR EL MIDUVI.....	113
TABLA 8	FICHA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN, ESTUDIO DE CAMPO.....	114
TABLA 9	MATERIALES, ESTADO ACTUAL.....	118
TABLA 10	MATERIALES, SEGUNDA SIMULACIÓN.....	120
TABLA 11	MATERIALES, TERCERA SIMULACIÓN.....	120
TABLA 12	MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN RICAURTE.....	120
TABLA 13	HORAS DE OCUPACIÓN.....	121
TABLA 14	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LAS VIVIENDAS DEL MIDUVI.....	132
TABLA 15	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LAS VIVIENDAS DEL MIDUVI.....	132
TABLA 16	PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LAS VIVIENDAS DEL MIDUVI.....	143



## RESUMEN

El estudio de las condiciones climatológicas de un lugar, debería ser el punto de partida para la formulación de edificaciones, logrando altos niveles de confort con el mínimo de energía utilizada. Sin embargo, en la actualidad nuestro país atraviesa por un déficit cualitativo en la vivienda, prestando atención únicamente a lo cuantitativo, descuidando el derecho a una vivienda digna y confortable. Es por esto, que el presente estudio presenta estrategias bioclimáticas que pueden ser aplicadas en la vivienda para mejorar las condiciones de confort térmico y contribuir con la calidad de vida de sus ocupantes. Con estos antecedentes, el principal objetivo de este estudio es determinar el disconfort térmico que existe en las viviendas sociales entregadas por el MIDUVI en la parroquia Ricaurte en la ciudad de Cuenca, y proponer un diseño de vivienda con criterios bioclimáticos, en la que se logre tener un ambiente térmicamente confortable, mediante el uso de estrategias pasivas y el uso de materiales de construcción adecuados. Para esto se propone el uso de materiales de construcción con buenas características térmicas, además de estrategias bioclimáticas obtenidas mediante

el programa Climate Consultan.

Al iniciar el presente estudio se realizó una investigación de campo en la que se hizo el levantamiento de datos necesarios para realizar las simulaciones energéticas. Los resultados indicaron, que utilizando materiales como el ladrillo o adobe, aislando mejor las infiltraciones, y realizando un diseño apropiado de la vivienda teniendo en cuenta la trayectoria solar, se puede lograr un mayor número de horas de confort.

Palabras claves: Confort térmico, Eficiencia energética, Simulaciones energéticas, vivienda social.



## ABSTRACT

The study of the weather conditions in one place should be the starting point for the design of buildings, achieving high levels of comfort with minimal energy use. However, nowadays our country is going through a qualitative deficit in housing, paying attention only to the quantitative, neglecting the right to decent and comfortable housing. This is why this research proposes bioclimatic strategies that can be applied in housing to improve the conditions of thermal comfort and in this way improve the living conditions of its occupants. With this background, the main objective of this study is to determine the thermal discomfort that exists in social housing provided by MIDUVI in the Ricaurte parish in the city of Cuenca, And propose a housing design with bioclimatic criteria, in which it is possible to have a thermally comfortable environment, using passive strategies and the use of suitable building materials. For this the use of construction materials with good thermal characteristics is proposed, as well as bioclimatic strategies obtained through the Climate Consultant program.

At the beginning of the study, a field research was carried out in which the data required for the energy simulations

were gathered. The results indicated that using materials such as brick or adobe, isolating better infiltrations, and performing an appropriate housing design considering the solar path, can achieve a greater number of hours of comfort.

Key words: THERMAL COMFORT, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SIMULATIONS, SOCIAL HOUSING.



# CAPÍTULO 1

## RELACIÓN ARQUITECTURA CLIMA

La relación arquitectura-clima es fundamental a la hora de diseñar una edificación con el fin de brindar confort térmico a sus ocupantes, para lo cual, un análisis bioclimático del lugar de estudio es necesario. A partir de este análisis, es factible definir una serie de estrategias pasivas que mejoren las condiciones de habitabilidad para los ocupantes. Por otro lado, no basta con que una edificación solo luzca bien formalmente (Villalobos y Schmidt, 2008), pues las condiciones ambientales por las que atraviesa nuestro planeta exigen que la arquitectura tenga además, enfoques sostenibles y bioclimáticos. Las estrategias bioclimáticas deben considerarse como una práctica común en la arquitectura mas no como una singularidad (Neila, 2000). La arquitectura debe concebirse con

criterios bioclimáticos desde el inicio del proceso de diseño, posterior en la construcción, su vida útil y finalmente en la etapa de demolición al finalizar su ciclo de vida. Esto a su vez, se traduce en reducción de demanda energética que supondría mantener la edificación bajo condiciones adecuadas de confort, ya que se disminuye o evita el uso de equipos mecánicos, los cuales son impulsados en su mayoría por energía proveniente de recursos no renovables. Este hecho, a su vez, ayuda a mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>, causante del efecto invernadero. Por esta razón el estudio de las condiciones climatológicas de un lugar específico, debería ser requisito principal para la planificación de edificaciones, logrando altos niveles de confort con el mínimo de energía utilizada (Alvear, Peña, Labus, 2013).

Los países en vías de desarrollo, tienen alta demanda de vivienda, debido a su déficit habitacional, esto conlleva la construcción de viviendas baratas con diseños que no se adaptan a las condiciones climáticas de un lugar (Marincic, Ochoa, Del Rio, 2012). Esto a su vez se traduce en falta de confort térmico, el mismo que es carente en vivienda social (Espinosa, 2015). De hecho, según datos del Banco Interamericano de Desarrollo América Latina y el Caribe encaran un considerable y creciente déficit habitacional. Del mismo modo indica que hoy en día una de cada tres familias de América Latina y el Caribe vive en construcciones no adecuadas construidas con materiales precarios (BID, 2012). Ecuador no es la excepción a este problema, al existir en la actualidad

un 45% de hogares que habitan en viviendas inadecuadas (MIDUVI, 2011). De este porcentaje el 9% sufre de déficit cuantitativo y el 36% de hogares sufre de déficit cualitativo, careciendo de piso firme, teniendo por cubiertas láminas de zinc, entre otras (MIDUVI, 2011). Debido a esto, las condiciones de habitabilidad no son adecuadas para sus ocupantes. Con el fin de afrontar el déficit cuantitativo, el Gobierno de Ecuador tiene planes de vivienda social con los cuales se han logrado avances en el déficit habitacional cuantitativo. Según el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV, 2013) el déficit cuantitativo pasó del 21% en 2009 al 13% en 2012. Por otro lado, se han empezado a tomar acciones para afrontar el problema del déficit cualitativo de la vivienda en el país, a través del “Objetivo Tres” del

PNBV 2013-2017. Dicho plan pretende garantizar el acceso a una vivienda adecuada, segura y digna. Sin embargo, aun cuando el acceso a la vivienda digna y saludable es un derecho reconocido por la Constitución Nacional, las pobres condiciones de habitabilidad en viviendas sociales, aún son evidentes. Además, las condiciones económicas actuales agravan el problema al contar con presupuestos limitados para generar proyectos encaminados a reducir el déficit cualitativo de las viviendas. Sumando a esto, los escasos recursos económicos de las familias, impide que puedan acceder a una vivienda con condiciones aceptables de habitabilidad. Por este motivo, muchas personas optan por la autoconstrucción, obligados a residir en suburbios urbanos y habitar

viviendas de tipo social con muy pocas consideraciones de confort, eficiencia y ahorro energético (Villalobos y Schmidt, 2008). El déficit cualitativo en Ecuador se caracteriza principalmente por la falta de infraestructura y la baja calidad de los materiales de construcción. (Miño, 2012). Países vecinos han tomado decisiones para mejorar las condiciones de habitabilidad en las viviendas sociales por medio de sus gobiernos, como es el caso de Chile. Los mismos cuentan con la Reglamentación Térmica que busca atender los requerimientos básicos de confort en la vivienda. (Espinosa, 2015). De la misma manera en el Perú se trabaja con el mejoramiento del confort térmico, que ya ha sido tomado en cuenta en la Ley, que se recalca en el Informe “Confort térmico en viviendas alto andinas... un enfoque integral”. (Harman, 2010).

Por su parte, Ecuador a través de instituciones gubernamentales y universidades están impulsando proyectos para evaluar el comportamiento térmico de las edificaciones y mejorar las condiciones de habitabilidad. Tal es el caso del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Recursos Renovables (INER), desarrolla proyectos de investigación en eficiencia energética y confort térmico en la vivienda social, como es el caso del proyecto de "Edificaciones de bajo consumo energético para Yachay." Así también, las universidades realizan investigaciones sobre el confort térmico en la vivienda, como es el caso de la tesis: Criterios bioclimáticos aplicados a los cerramientos verticales para la vivienda en Cuenca (Narváez, Quezada & Villavicencio, 2015).

Cuyo objetivo principal es proponer criterios bioclimáticos en la vivienda, para garantizar el confort térmico. Las viviendas escogidas por este estudio fueron las de la Pastoral Social. No obstante Narváez (2015) dejó de lado el análisis de las ganancias de calor internas como ganancias por equipos, por iluminación, por personas o masa térmica, ya que según García-Alvarado, R., González, A., Bustamante, W., Bobadilla, A., Muñoz, C. (2014). En su investigación "Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares" consideran necesario una observación meticulosa de los espacios simulados, así como un análisis minucioso según habitaciones y horarios de ocupación. Por otro lado, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) se encuentra

actualizando su política de intervención, con el objetivo de enlazarse a una visión integral del territorio, en la que se ponga en valor las particularidades culturales, sociales y climáticas de cada región del país. Con este fin han desarrollado el proyecto "Prototipos de vivienda para las cuatro regiones del país" (MIDUVI, 2013). Sin embargo, mientras este proyecto no sea aplicado a nivel nacional, se seguirá construyendo la misma vivienda diseñada a través de su Programa Nacional de Vivienda Social desarrollado por el MIDUVI en todo el país. A pesar de las diferentes condiciones climatológicas del país, dicha vivienda presenta un solo tipo de diseño y materialidad, siendo ésta emplazada en todas las regiones del país. Este es el caso de las viviendas entregadas por el MIDUVI en las

zonas rurales de Cuenca, donde se presenta un clima templado-frío, con temperaturas promedio de 16°C y una humedad promedio de 80%, donde son muy frecuentes las situaciones de falta de confort o bienestar térmico debido principalmente a su diseño y tipo de construcción donde las infiltraciones son elevadas. No obstante, la sensación térmica de los ocupantes depende de cada persona y su capacidad de adaptación. Es así que para la determinación del confort térmico se toman en cuenta variables del ambiente como es el caso de la velocidad del aire, temp. radiante media, temp. del aire y la humedad relativa; así como factores personales como el metabolismo y arropamiento (ASHRAE 55, 2004).

# CAPÍTULO 2

## 2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

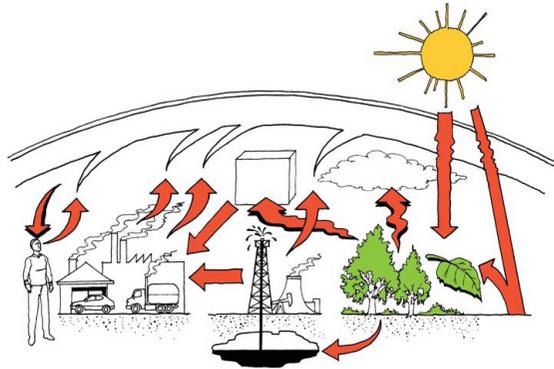


Fig. 1 Eficiencia Energética.  
FUENTE: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social.

En la década de los 70 donde se registra la primera crisis del petróleo hasta la crisis medioambiental que libramos hoy en día, el mundo comienza a pensar y proponer alternativas que ayuden al desarrollo de la eficiencia energética. Países de todo el mundo han variado sus estrategias en cuanto al consumo de energía, para hacer el uso de la misma más eficiente, tanto en construcciones

y viviendas (Bustamante, 2009).

Estos efectos son causados por el excesivo consumo de recursos energético que los actuales ritmos de vida requieren, utilizando equipos electrónicos consumidores de energía, la misma que en la gran mayoría provienen de fuentes no renovables, agravando el problema medioambiental. Por esta razón los países desarrollados que han sido los principales causantes de estos problemas han realizado esfuerzos importantes, pero no suficientes para mitigar los efectos que se producen por la contaminación.

Del mismo modo en Sudamérica se comienza a pensar en gestionar mejor los recursos en la construcción y

específicamente en la vivienda social, como es el caso de Chile. Estas medidas no solo para que las personas disfruten de una mejor vida; sino para que se ayude con el desarrollo sostenible del medioambiente (Bustamante, 2009).

Por consiguiente, para el cuidado del medioambiente se debe proponer medidas de eficiencia energética en el sector de la construcción, siendo estas las principales estrategias contra el crecimiento energético, y así reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> (Alvear, Peña, Labus, 2013).

En la "guía de Diseño para la Eficiencia Energética en Vivienda Social", se manifiesta que La eficiencia energética se consigue cuando se realiza una actividad determinada

usando la menor cantidad posible de energía. La eficiencia energética no se trata de privarse de tener confort, sino tener confort pero con el uso de poca energía (Bustamante, 2009).

Por esta razón desarrollar vivienda social para que permita proveer a las personas de confort, y al mismo tiempo baje los índices de contaminación, bajando los porcentajes en el consumo de combustibles, es lo que intenta conseguir la eficiencia energética. (Bustamante, 2009).

Es así, que al construir con materiales adecuados, se puede lograr que las personas consigan confort térmico, además de poder lograr un bajo consumo de energía, la misma que se utiliza para mantener

un mayor número de horas de confort al interior de los hogares.

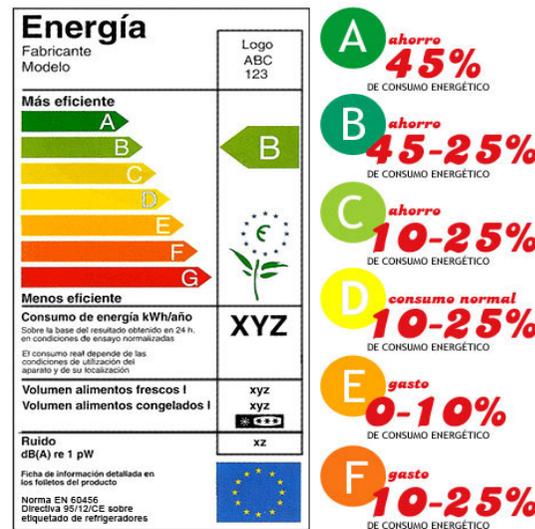


Fig. 2 Eficiencia Energética.  
FUENTE: <http://blogs.20minutos.es/tanta-europa/category/consumo/>

## 2.2 CONFORT TÉRMICO

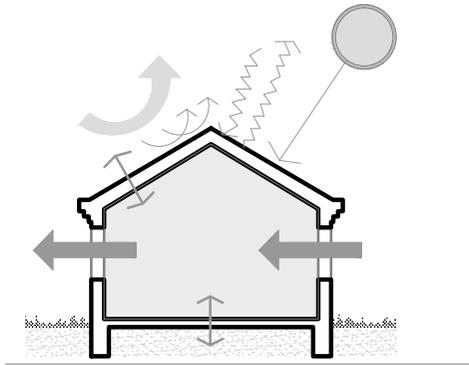


Fig. 3 Confort Térmico.  
FUENTE: Elaboración propia

La ASHRAE define el confort térmico como “Esa condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico y se evaluó mediante la evaluación subjetiva”. Es por esto que no es posible brindar confort a todos los usuarios de un recinto, también depende de la actividad, del estado de ánimo, entre otros.

En este, actúan también los diferentes fenómenos energéticos que producen un intercambio de calor y frío entre el ambiente y las personas. El cuerpo no conserva una temperatura interior constante, con respecto a los diferentes cambios exteriores y para esto utiliza mecanismos de regulación conocidos como "homeostasis" (Serra, 1995). Los intercambios de energía se producen entre materiales de la vivienda, equipos eléctricos, equipos de cocina debiendo tener en cuenta todos estos aspectos para determinar el confort. Además estos actúan cuando el cuerpo comienza a calentarse o enfriarse demasiado. En el primero de los casos se inician dos procesos: primero se dilatan los vasos sanguíneos, haciendo que crezca el flujo de sangre por la piel, y posterior a eso el cuerpo comienza a transpirar. Del

mismo modo, si empieza a enfriarse mucho, la reacción inicial es la vaso-constricción de los conductos sanguíneos, disminuyendo la cantidad de sangre en la piel. La segunda es aumentar el calor mediante la estimulación de los músculos, esto causa temblores (Bjørn, 1997). Estos sistemas son muy efectivos para mantener regulada la temperatura del cuerpo.

Por otro lado, para la determinación del confort térmico se toman en cuenta variables del ambiente, así como factores personales es el caso del metabolismo y arropamiento.

Si consideramos un ambiente con parámetros de confort idénticos, las respuestas de bienestar o malestar, va a depender de las diferentes condiciones de sus usuarios. Pues las condiciones ambientales necesarias para la comodidad no son los mismos para todos (ASHRAE-55, 2004). "Estas condiciones personales se clasificarán en distintos grupos, según se traten de: condiciones biológico-fisiológicas (herencia, sexo, edad, etc.), condiciones sociológicas (tipo de actividad, educación, ambiente familiar, moda, tipo de alimentación, etc.) y condiciones psicológicas de cada uno de los usuarios" (Serra y Coch, 1995, p.79). Estos dependen de la aclimatación de determinados parámetros del

clima. Es decir se incrementa la resistencia al frío para sitios donde las condiciones climáticas son extremas.

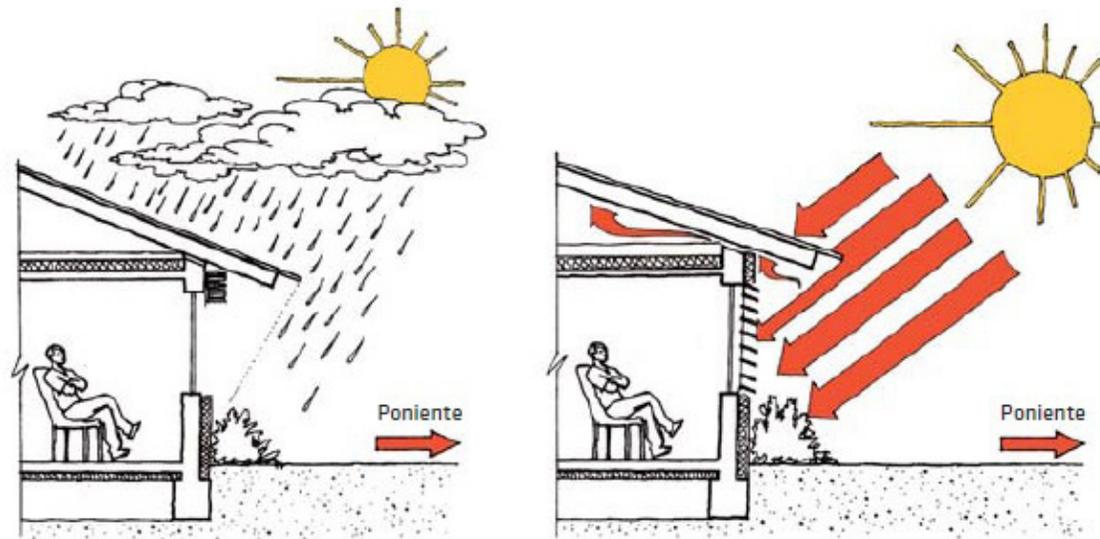


Fig. 4 Confort Térmico.  
FUENTE: Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social.

## 2.2.1 VARIABLES QUE INTERVIENEN PARA LA EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO

Según Fanger, estas variables son ambientales y factores personales.

### 2.2.1.1 VARIABLES AMBIENTALES.

Al evaluar el confort térmico de un espacio determinado, es conveniente tener presente estas variables ambientales: que se describirán a continuación.

#### 2.1.1.2 TEMPERATURA DE AIRE.

Está principalmente relacionada con la temperatura de las superficies, las mismas que reciben calor del sol y la devuelven al ambiente por medio de la convección (Serra, 1995).

También se le conoce temperatura seca o de bulbo seco.

Este factor está refiriéndose principalmente al aire que se encuentra al contorno del cuerpo, este valor nos sirve para tener una aproximación de la temperatura del aire a la sombra. Este es un factor principal que tiene que ver mucho en el flujo de calor entre el cuerpo y el ambiente.

#### 2.1.1.3 HUMEDAD DEL AIRE.

Un factor importante que se debe considerar al momento de brindar confort térmico es la cantidad de agua que el aire contiene (Rodríguez, 2008). Que es lo que se considera como humedad relativa, Serra (1995) afirma. "La humedad relativa indica la cantidad de vapor de agua que tiene el aire, referido al máximo que podría contener a su temperatura sin

saturarse.

Las variaciones de humedad se producen cíclicamente y regularmente es contraria a las variaciones de temperatura.

La humedad relativa se incrementa por la noche y disminuye durante el día, de igual manera se incrementa en invierno y baja en la época de verano (Serra, 1995).

El punto de rocío o temperatura de saturación es en la que el aire debe ser enfriado para que comience la condensación. Este dato es importante, sobre todo cuando es posible que el punto de rocío se presente al interior de un muro o cubierta, lo que ocasionará humedad que pueda afectar a números materiales, tales como el yeso, la madera, el papel. (Rodríguez, 2008, p. 19)

#### 2.2.1.4 TEMPERATURA RADIANTE MEDIA

Esta temperatura puede ser de mucha importancia en locales cerrados debido a que influye sobre la temperatura sensible.

Su cálculo es complejo debido a que se debe calcular la radiación de las paredes y objetos en forma perpendicular, esto se puede lograr con el aparato de medición, sin embargo en la vida real las personas no siempre nos encontramos en la posición adecuada con respecto a las paredes, por lo tanto la medición no siempre va a corresponder con la realidad.

#### 2.2.1.5 VELOCIDAD DEL AIRE

Si hablamos sobre el cuerpo humano, la velocidad del aire interfiere para perder calor por convección, de igual manera se pierde calor por la transpiración debido a que la velocidad del aire ayuda a que se evapore rápidamente (Serra, 1995).

La velocidad del aire no baja la temperatura del ambiente, si no que crea la sensación de frescura a causa de que las personas pierden calor por convección y también ayuda a incrementar la evaporación del cuerpo (Guimarães, 2008).

Por esta razón se debe tomar en cuenta la influencia del aire en el diseño de un ambiente que sea confortable térmicamente, porque este parámetro ambiental ayudara a que las

personas sientan un cambio en la percepción del ambiente, ayudando significativamente al confort.

La velocidad del aire sería un aporte importante a tener en cuenta en climas cálidos o cálidos húmedos, porque es en donde puede influir de muy buena manera para tener confort térmico.

En el presente estudio en donde se presenta un clima templado frio tenemos que resguardarnos del viento para que la vivienda no tenga perdidas de calor debido a la velocidad del viento, sirviéndonos únicamente para que los ambientes sean ventilados, y lograr tener renovaciones de aire fresco al interior de la vivienda.

Por ultimo hay que tener presente que las personas perciben las cosas de diferente manera, es por esto que las

velocidades de aire también pueden ser percibidas como negativas para ciertas personas.

#### 2.2.1.6 FACTORES PERSONALES

El metabolismo se lo reconoce como el de mayor influencia en los factores personales, el mismo que está determinado por el grado de actividad de las personas.

La vestimenta es otro factor personal importante, debido a que ésta sirve como aislante y evita que el cuerpo pierda calor, además de ser importante para el paso de humedad (Serra y Coch, 1995).

Dentro de estos factores se debe tener presente la situación geográfica, debido a que ésta influye en la percepción de las personas, esto

quiere decir, que las que están acostumbradas a un clima frío resistirán mejor a temperaturas bajas, de igual manera sucede en climas cálidos.

#### 2.2.1.7 METABOLISMO.

La actividad muscular de una persona es la que determina la cantidad de energía que producirá el metabolismo, es por esto que al metabolismo se le considera como el motor del cuerpo (Bjørn, 1997).

Se considera que el metabolismo se encuentra en el más bajo nivel cuando dormimos y se encuentra al máximo cuando realizamos actividades deportivas, es decir exigimos a nuestro cuerpo al máximo.

También se puede decir que cuando

se realiza un trabajo de oficina se lo puede catalogar como una actividad normal, pero cuando se realizan actividades como el de una ama de casa se lo cataloga como actividad intensa.

En la tabla 1 se presentan niveles metabólicos según las actividades.

#### 2.2.1.8 VESTIMENTA

Esta interviene como aislante al paso del calor, reduciendo las pérdidas de calor del cuerpo. A la vestimenta se la clasifica según su grado de aislamiento que tiene cada prenda de vestir. Por esta razón existen tablas que nos proporcionan el valor de cada prenda, esto es muy útil si se quiere tener un valor del aislamiento muy cercano a la realidad. El Clo se utiliza para medir el

aislamiento de la ropa.

Para tener un valor de Clo cero una persona debe estar desnuda, mientras que una persona puesta un traje típico de negocio tiene un valor de 1 Clo (Ver tabla 2).

Cuando se calcula el aislamiento de una persona y esta está sentada o recostada es necesario que se considere el asiento o cama, debido a que éste también brinda aislamiento a la persona.

TASAS METABÓLICAS PARA TAREAS TÍPICAS		
ACTIVIDAD	MET UNIDADES	TASA METABÓLICA
Descansando		
Dormido	0.7	40
Reclinado	0.8	45
Sentado, tranquilo	1.0	60
De pie, Relajado	1.2	70
Caminar (en la superficie nivelada)		
0.9 m/s, 3.2 km/h, 2.0 mph	2.0	115
1.2 m/s, 4.3 km/h, 2.7 mph	2.6	150
1.8 m/s, 6.8 km/h, 4.2 mph	3.8	220
Actividades de Oficina		
Sentado, leyendo o escribiendo	1.0	60
Mecanografía	1.1	65
Presentación, de pie	1.4	80
Elevación / embalaje	2.1	120
Conducción / Vuelo		
Automóvil	1.0 - 2.0	60-115
Vehículo pesado	3,2	185
Diversas Actividades Ocupacionales		
Cocina	1.6 - 2.0	95-115
Limpieza de la casa	2.0 - 3.4	115-200
Trabajo de máquina		
Costura (sierra de mesa)	1.8	105
Trabajo de pala	4.0 - 4,8	235-280
Diversión Actividades de Ocio		
Bailar, social	2.4 - 4,4	140-225
Calistenia / ejercicio	3.0 - 4,0	175-235
Tenis, individual	3.6 - 4,0	210-270
Baloncesto	5,0 - 7,6	290-440
Lucha libre, competitiva	7.0 - 8,7	410-505

Tabla 1: Tasa metabólica para tareas típicas.  
FUENTE: ASHRAE-55, 2004

VALORES DE AISLAMIENTO DE PRENDAS PARA CONJUNTOS TÍPICOS	
DESCRIPCIÓN DE LA ROPA	CLO
Pantalones	
Pantalones, camisa de manga corta	0.57
Pantalones, camisa de manga larga	0.61
Chaqueta de traje	0.96
Además chaqueta de traje, chaleco, camiseta	1.14
Además de suéter de manga larga, camiseta	1.01
Chaqueta de traje, pantalones largos de ropa interior	1.30
Faldas / Vestidos	
Rodilla-longitud de la falda, camisa de la corto-manga (sandalias)	0.54
Falda de la rodilla-longitud, camisa de la largo-manga, traje completo	0.67
Rodilla-longitud de la falda, camisa de manga larga, medio traje, suéter de manga larga	1.10
Rodilla-longitud de la falda, camisa de manga larga, medio traje, chaqueta de traje	1.04
Falda del tobillo-longitud, camisa de la largo-manga, chaqueta del juego	1.10
Pantalones cortos	
Pantalones cortos que caminan, camisa de la corto-manga	0.36
Traje de trabajo	
Trajes de manga larga, camiseta	0.72
Trajes de trabajo, camisa de manga larga, camiseta	0.89
Trajes aislados, tops y parte inferior térmica de la ropa interior de la largo-manga	1.37
Atlético	
Pantalones de sudor, sudadera de manga larga	0.74
Ropa de dormir	
Top de pijama de manga larga, pantalones largos de pijama, traje corto de 3/4 de longitud (zapatillas, sin calcetines)	0.96

Tabla 2: Aislamiento de prendas (clo).  
FUENTE: ASHRAE-55, 2004

## 2.3 FORMAS DE TRANSMISIÓN DE CALOR

### 2.3.1 CALOR

Se puede decir que hay un intercambio de calor cuando se presenta un intercambio de energía entre dos elementos que se encuentren a diferente temperatura, los mismos que tenderán a igualar su temperatura, siempre del más caliente al frío. (Serra y Coch, 1995).

### 2.3.2 CONDUCCIÓN

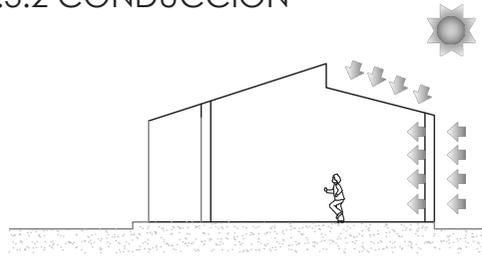


Fig. 5 Formas de transmisión del calor (conducción).  
FUENTE: Elaboración propia

La conducción es la transmisión de energía térmica interna en cuerpos que se encuentran en contacto. El calor se transmite de las partículas con

mayor temperatura a las que tienen menor temperatura. Para que haya transferencia de calor por conducción debe existir continuidad física en la materia, ya sea por el contacto de cuerpos distintos o en un mismo cuerpo, siempre y cuando sus extremos tengan distinta temperatura y pueda existir el intercambio de energía calorífica (Neila, 2004).

### 2.3.3 CONVECCIÓN

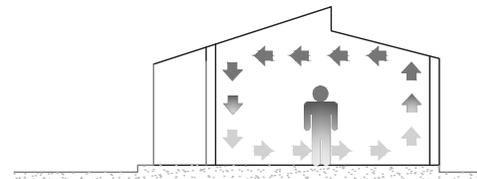


Fig. 6 Formas de transmisión del calor (convección).  
FUENTE: Elaboración propia

Es un mecanismo de transmisión de

calor que se presenta en un fluido, por movimientos de masa del éste. De igual manera como en la conducción se ponen en contacto partículas del fluido entre sí. Sin embargo se transporta la energía por el movimiento de la materia (Neila, 2004).

En un ambiente cualquiera existen espacios de distinta densidad, es decir zonas más calientes y zonas más frías. Siendo las más calientes las que se encuentran en la parte superior debido a que su densidad es más baja, y por esta razón existe el desplazamiento de estos flujos. Gracias a la convección se puede utilizar algunas estrategias bioclimáticas que mejoran el ambiente interior de una vivienda.

#### 2.3.4 RADIACIÓN

La radiación es energía que la materia emite, esta radiación se produce de la fuente de calor hacia afuera en todas las direcciones.

Esta energía emitida en forma de ondas electromagnéticas puede estar presente en cualquier cuerpo únicamente por tener una determinada temperatura (Neila, 2009).

La radiación es una forma de transmisión de calor, muy importante a tener en cuenta debido a que mediante esta se puede lograr llegar a tener confort térmico, que es el objetivo de esta investigación.

Es preciso la utilización de materiales con gran inercia térmica que capten el calor del sol y luego por medio de la radiación hacer que este calor ingrese a la vivienda.

Del mismo modo la radiación está presente en la vivienda cuando se tiene una chimenea la misma que emite su calor por radiación a través del ambiente a por la composición de sus materiales.

## 2.4 MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO

Considerando los factores climáticos y personales se han realizado algunos métodos para la evaluación térmica:

### 2.4.1 GRÁFICA DE VICTOR OLGYAY

Según Serra y Coch en su libro *Arquitectura y Energía natural* indica que en esta representación se estudia el contexto ambiental exterior, teniendo presente factores del ambiente como: la humedad relativa y la temperatura del aire. Considera indirectamente como correcciones los otros dos parámetros: radiación y movimiento del aire. Esta representación es válida para estudiar los cambios del clima estos cambios pueden ser diarios o anuales. En conclusión esta gráfica nos permite representar los factores climáticos, en este caso externos.

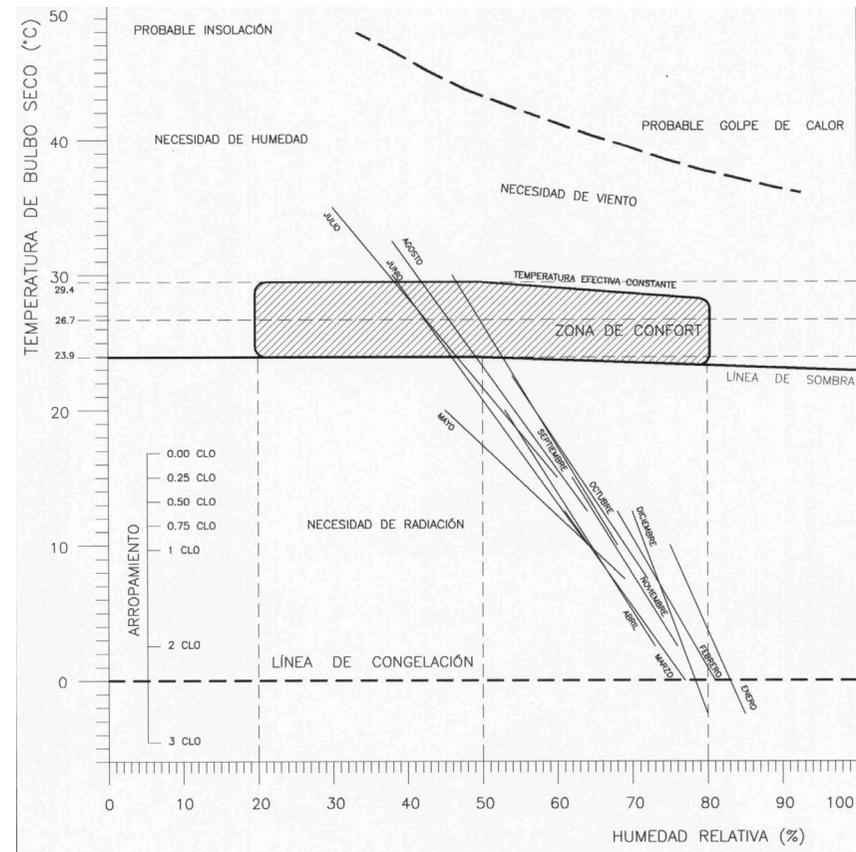


Fig. 7 Gráfica de Victor Olgay.  
FUENTE: Serra y Coch, *Arquitectura y Energía Natural*

## 2.4.2 GRÁFICA DE GIVONI

Givoni realizó estudios en el ábaco psicrométrico para determinar las zonas de confort y qué relación hay entre estas zonas y la mejoría del confort utilizando estrategias arquitectónicas, dichas estrategias servirían para volver a la zona de confort si las condiciones naturales no presentan lo necesario para estar en confort.

Según las diferentes zonas del ábaco se determinan cual estrategia es la mejor para lograr el confort, estas estrategias pueden utilizar dependiendo el caso en que se encuentre el viento, la humedad la inercia entre otros.

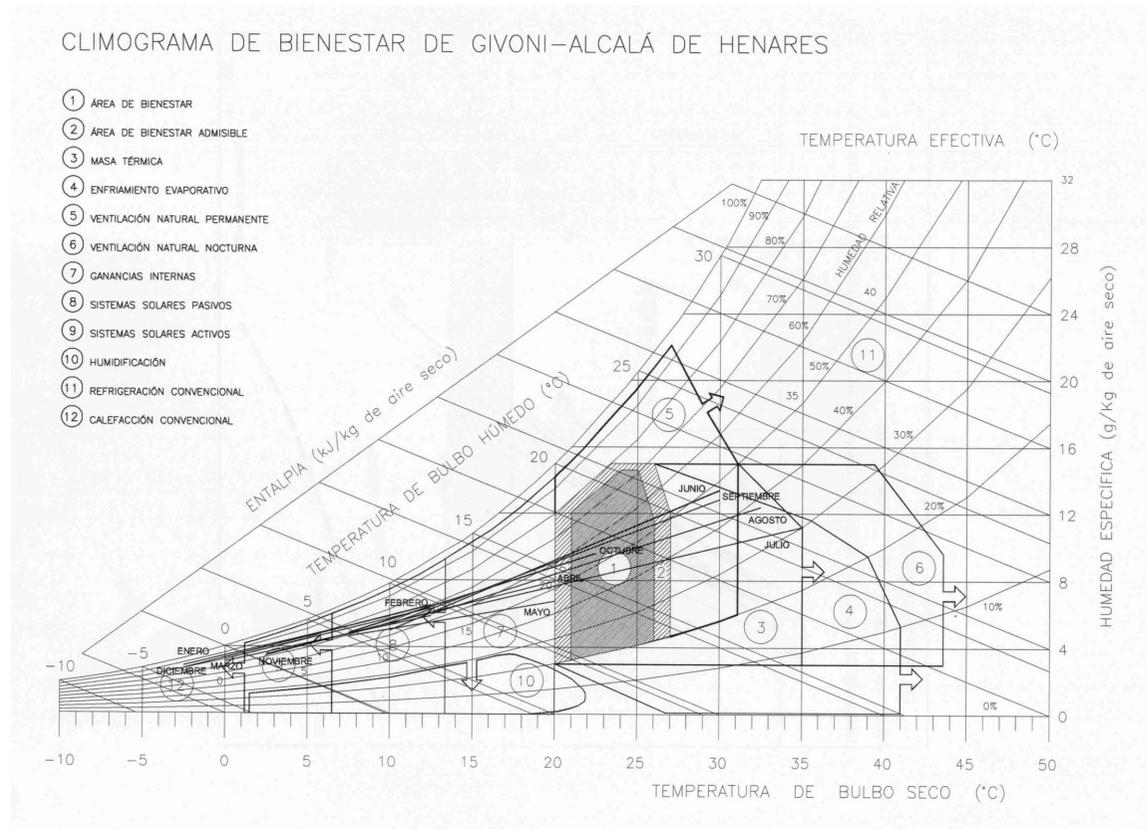


Fig. 8 Gráfica de Givoni.  
FUENTE: Serra y Coch, Arquitectura y Energía Natural.

### 2.4.3 ECUACIONES DE FANGER

Este método es utilizado para determinar el confort térmico, propuesto por P.O. Fanger en 1973. En la actualidad el método de Fanger es uno de los más utilizados para determinar el confort de un ambiente.

Para el desarrollo de este método es necesario datos como el arropamiento, el metabolismo, velocidad del aire, temperatura del aire, temperatura radiante media humedad relativa o la presión parcial del vapor de agua, la ecuación define índice como: voto medio estimado (PMV) y porcentaje de individuos insatisfechas (PPD).

#### 2.4.3.1 VOTO MEDIO ESTIMADO (PMV).

El voto medio estimado se determina por medio de la ecuación de confort que presenta Fanger que relaciona entre si las siguientes variables: metabolismo, aislamiento por arropamiento y variables ambientales. Luego de esto, el resultado que se obtiene se compara con la escala de sensación térmica, este proceso permite definir la sensación global térmica que el mayor porcentaje de encuestados percibe. Si los valores se encuentran dentro de -0,5 y 0,5, significa que existe confort térmico para mayor parte de las personas.

#### 2.4.3.2. PORCENTAJE DE PERSONAS INSATISFECHAS (PPD).

De la misma manera se debe determinar con el análisis de las personas insatisfechas con el confort térmico, es decir que se encuentran en disconfort, para esto el método de Fanger lo determina mediante el (PPD) que significa el porcentaje de personas insatisfechas, este se calcula mediante el voto medio estimado. Este determina el número de personas que consideran que el ambiente es desagradable térmicamente, ya sea por frío o calor. En el mejor de los casos el (PPD) que se puede obtener es el 5% de todas las personas encuestadas. Pero hay que tener presente que nunca se puede brindar confort a un 100% de las personas.

Por otro lado, según recomendaciones de la norma ISO 7730 "Ergonomía del ambiente térmico", el índice del Voto medio estimado (PMV) únicamente debería desarrollarse para analizar espacios en donde las variables que se utilicen para dicho cálculo permanezcan en de los siguientes rangos, -2 y 2. (Ver tabla 3)

RANGOS DE VALORES	SENSACIÓN TÉRMICA
3	MUY CALUROSO
2	CALUROSO
1	LIGERAMENTE CALUROSO
0	NEUTRO
-1	LIGERAMENTE FRESCO
-2	FRESCO
-3	FRIO

Tabla 3: Escala de sensación térmica en función del valor del Voto medio estimado.  
FUENTE: ASHRAE-55, (2004).

## 2.5 NORMATIVA EN ECUADOR SOBRE EL CONFORT TÉRMICO

La Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-11, en su capítulo 13 indica, que para tener confort térmico las zonas de estudio estarán dentro del siguiente rango de temperatura.

La temperatura del aire debe mantenerse entre 18 y 26°C.

Temperatura radiante media de superficies del ambiente: entre 18 y 26°C  
Velocidad del aire: entre 0,05 y 0,15 m/s.

Humedad relativa: entre el 40 y el 65 %  
Estos rangos variarán siempre y cuando se lo justifique técnicamente, y los mismos se encuentren dentro de lo que determina el diagrama de Fanger (NEC, 2011).

El cantón Cuenca se está dentro de la zona ZT3 según la clasificación de esta norma, y a determinado coeficientes de transferencia U max. dependiendo

de la envolvente y lugar de ubicación. En nuestro caso para climas fríos, en la siguiente tabla se muestran únicamente los de la ZT3. En conclusión los materiales utilizados en la construcción de viviendas entregadas por el MIDUVI, no están cumpliendo con la norma ecuatoriana de la construcción, debido a que la transmitancia térmica de los materiales utilizados para la construcción de la

vivienda como bloque o ladrillo tiene un valor U superior al permitido por la norma. Para la orientación de la vivienda para ganancias térmicas, en las zonas ZT1, ZT2 y ZT3 es aconsejable los cuartos en donde se necesite ganancias solares estén orientados Este y Oeste para garantizar las ganancias de calor por la radiación solar (NEC, 2011).

Coeficiente global U en función del tipo de cerramiento y de la zona climática W/m <sup>2</sup> K							
Zona Climática	T <sub>m</sub> (°C)	Fachada en contacto con el aire	Cerramiento en contacto con el terreno	Cubierta en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con espacios no habitados no ventilados y medianeras	Cerramiento en contacto con espacios no habitables ventilados	Ventanas y lucernarios
ZT3	14,4-18,0	1,8	1,8	1,5	2,5	2,5	5,7

Tabla 4: Coeficientes de transferencia U máximos en función del tipo de cerramiento y la zona climática. Climas fríos  
FUENTE: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 11).

## 2.6 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Significa realizar arquitectura siempre teniendo en cuenta el medio que la rodea, es decir factores climático, además de elegir correctamente los materiales preferiblemente autóctonos cuidando que la energía incorporada para el procesamiento de dichos materiales se baja o casi nula. En la arquitectura bioclimática también es importante tener presente las técnicas tradicionales propias de un lugar. En conclusión es diseñar teniendo en cuenta el clima y siempre buscado el confort de las personas.

Según Javier Neila es una "arquitectura popular evolucionada". También se la puede definir como la búsqueda de una arquitectura eficiente cuyo objetivo final es mejorar la calidad de vida. Esto se traduce en confort para el

bienestar de sus ocupantes.

Este tipo de arquitectura está pensando siempre en la naturaleza, en las condiciones del clima, del territorio así también en el uso de materiales propios del lugar, para tener un consumo mínimo de energía. Por consiguiente persigue el confort de las personas y desde luego colaborar para el buen vivir, pero siempre en armonía con la naturaleza.

Para el diseño bioclimático es importante tener presente el funcionamiento de los elementos constructivos. Debido a que los materiales funcionaran de manera distinta según sus características, y el sistema constructivo que se utilice.

Es importante tener presente que algunos materiales utilizados tienen características térmicas diferentes .

Los objetivos son:

- Mantener un equilibrio entre el medio ambiente y la arquitectura.
- Brindar a las personas espacios confortables utilizando energías limpias.
- Ahorro de energía sin incrementar costos en la construcción.
- Disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La arquitectura bioclimática tiene ventajas muy importantes como reducir gases que afecten a la capa de ozono y reducción del consumo de energía del sector de la construcción además está enfocada en buscar una mejora en la salud humana, bienestar y sostenibilidad (Manzano, 2015).

## 2.6.1 FACTORES DEL CLIMA

Los factores climáticos son quienes determinan el clima de un lugar, los mismos dan paso a elementos climáticos más notables, como: humedad, temperatura, entre otros (Neila, 2004).

### 2.6.1.1 LATITUD

La latitud es la distancia angular de un punto sobre la superficie terrestre al Ecuador; se mide en grados, minutos y segundos (Rodríguez, 2008, p. 14). Hay una relación muy clara entre la trayectoria solar y la latitud, esta relación se debe tener muy en cuenta debido a que condiciona el soleamiento de la vivienda, es decir condiciona la ubicación de fachadas,

En las latitudes bajas como la de Cuenca los rayos solares inciden uniformemente y muy perpendicular en cualquier época del año (Neila, 2004).

### 2.6.1.2 ALTITUD

La altitud es la distancia vertical de un plano horizontal hasta el nivel del mar; se mide en metros sobre el nivel medio del mar (Rodríguez, 2008, p. 14).

También determina el clima de un sitio, ya que al incrementar la altitud baja la temperatura de la atmósfera. Por esta razón los sitios más altos tienen menor temperatura que otros que se encuentran en la misma latitud pero con menor altura. Por lo tanto este factor es indispensable considerar en

el diseño bioclimático.

### 2.6.1.3 RELIEVE

El relieve es la configuración superficial de la tierra. El relieve influye en las corrientes de aire, el soleamiento, sus plantas, el contenido de humedad del aire, entre otros (Rodríguez, 2008, p. 15).

El relieve es imprescindible en el análisis del lugar, en este se debe considerar factores naturales como artificiales que afecten al lugar estudiado. El relieve puede llegar a ocasionar incremento de viento, poco soleamiento, aspectos que se deben tomar en cuenta en el diseño.

#### 2.6.1.4 DISTRIBUCIÓN TIERRA-AGUA

La distribución de tierra y agua es la relación entre los cuerpos de agua y la tierra firme de un lugar (Rodríguez, 2008, p. 15). El agua, puede llegar a cambiar el clima por lo tanto es un factor importante a considerar.

Antes de empezar a diseñar, se debe considerar el agua como un factor importante; en caso de ser natural como mares, lagos, lagunas y ríos; se estudiará obligatoriamente su brisa y dirección, de manera que nos ayuden a planificar e implantar correctamente una edificación con la finalidad de aprovecharla, debemos también analizar los beneficios que nos brindan las aguas artificiales como: lagos, ríos, y fuentes, los mismos que ayudarán a

mantener en confort cualquier tipo de ambiente.

#### 2.6.1.5 CORRIENTES MARINAS

Las corrientes marinas son el movimiento de traslación continuado y permanente de las aguas del mar en una dirección determinada (Rodríguez, 2008, p.18).

#### 2.6.1.6 MODIFICACIONES DEL ENTORNO

Existen 2 tipos de modificaciones que sufre constantemente nuestro planeta. Las que son generadas por el hombre y las alteraciones que sufre permanentemente por causa de la naturaleza; son dos condiciones que debemos conocer, estudiar y tomar en cuenta para cualquier planificación

arquitectónica que se realice.

#### 2.6.2 CLIMA.

Es la característica que identifica un lugar porque el comportamiento de sus componentes y variables atmosféricas así lo determinan y lo hacen diferente. A lo largo de la historia, ha sido muy estrecha la relación entre clima y arquitectura.

De la misma manera Rodríguez manifiesta que “El clima es uno de los factores más importantes del diseño. De las condiciones atmosféricas de un lugar depende que la arquitectura sea de muros pesados o ligeros, de cubiertas inclinadas o planas, de color obscuro o claro, con grandes vanos o ventanas pequeñas, entre otros; donde la edificación será un elemento

protector y regulador que rechace o transforme la acción de los elementos ambientales naturales de un lugar" (Rodríguez, 2008).

El clima es la combinación compleja de distintos elementos, que detallaremos a continuación.

#### 2.6.2.1 TEMPERATURA

La temperatura es un parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa, se mide en °C (Rodríguez, 2008, p.17).

En los elementos del clima regularmente encontramos diferentes tipos de temperatura como: temperatura media, máxima, máxima extrema, mínima y mínima extrema. Las temperaturas máximas y mínimas son el promedio de las temperaturas

más altas y bajas, respectivamente, registradas en un periodo de tiempo. Con estos parámetros se obtiene la oscilación térmica que nos permite conocer cuánto es la variación de la temperatura en un día, mes o año. (Rodríguez, 2008, p.18)

#### 2.6.2.2 HUMEDAD.

La humedad es cuanta agua tiene el aire (Rodríguez, 2008). La humedad relativa está relacionada con la temperatura y cambia la percepción de cada persona. Por lo tanto es una herramienta importante en el diseño bioclimático. A demás se debe considerar la humedad ya que esta puede tener efectos negativos en algunos materiales como: el yeso, cartón, madera entre otros.

#### 2.6.2.3 PRECIPITACIÓN

Esta proviene de la atmosfera que se puede presentar en forma líquida o también solida, esta se almacena sobre el suelo. La precipitación más común en nuestro medio es en gotas (Rodríguez, 2008).

#### 2.6.2.4 VIENTO.

El viento tiene su origen en las corrientes de aire producidas en la atmósfera. Éste tiene dirección, frecuencia y velocidad (Rodríguez, 2008). La dirección del viento predominante es por donde fluye con mayor frecuencia, por lo tanto todos estos factores que caracterizan al viento son de mucha importancia para la arquitectura

bioclimática.

#### 2.6.2.5 PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

La presión atmosférica se la puede definir como el peso del aire por unidad de superficie, expresada en unidades de presión llamadas milibares (Rodríguez, 2008, p.20). La diferencia de presión atmosférica depende de la temperatura del aire y de la altitud del lugar. Es así que a mayor altitud baja presión atmosférica y a menor altitud se incrementa la presión. El resultado de las diferencias de presión atmosférica es lo que da origen al movimiento del aire. (Rodríguez, 2008, p.20)

#### 2.6.2.6 RADIACIÓN.

La radiación directa es la que llega al

suelo, sin haber tenido cambios en su dirección original.

El resto de la radiación, que no llega directamente, es absorbida o reflejada por las partículas en suspensión, por algunos gases, por el vapor de agua o por las nubes. Pero una fracción llegará a la superficie de la tierra. La radiación global que se recibe sobre el suelo es la unión de las radiaciones directas y difusas (Neila, 2004).

#### 2.6.2.7 NUBOSIDAD.

Si el promedio de nubosidad es igual o inferior a 0.2, al día se considera un día despejado, si es igual o superior a 0.8, se considera un día cubierto, y si está entre 0.2 y 0.8 se considera un día nuboso.

### 2.6.3 MICROCLIMA

Es un aspecto importante a tener en cuenta, debido a que existen algunos factores que crean microclimas haciendo que el clima local pueda cambiar. Los factores a tener presente son: la altitud relativa del terreno, topografía y vientos que se forman por árboles o construcciones cercanas, de igual manera el emplazamiento en la ciudad y cercanía a ríos o lagos (NEC 11).

Un sitio puede llegar a tener variaciones climáticas a causa de microclimas, sin embargo se puede contrarrestar estos efectos si el caso así lo amerita, esto se consigue con un adecuado diseño exterior, también por medio de movimientos de tierra creando

espejos de agua o sembrando arboles adecuada.

#### 2.6.4. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS.

Para determinar las estrategias bioclimáticas adecuadas existen diagramas bioclimáticos los que nos permiten saber qué estrategia se debe usar, de la misma manera los diferentes diagramas bioclimáticos se utilizan como herramientas para determinar los niveles de confort. Los más utilizados son, el diagrama desarrollado por Víctor Olgyay para determinar el confort exterior, así como diagramas para el confort interior, incluyendo el índice de confort térmico, que puede calcularse utilizando la humedad relativa y la temperatura interior y ha sido adoptado por ASHRAE basándose

en los mismos parámetros, del diagrama de Givoni (ver fig. 9). Estos diagramas se encuentran detallados en el capítulo "metodos para evaluar un ambiente térmico".

Por otro lado cuando diseñamos un edificio no solo se piensa en lo formal sino también la disposición del mismo, en donde se considera la orientación con relación al sol y el viento, de igual manera tener presente las distancias óptimas para recibir la radiación solar y tener el movimiento del aire para la ventilación, en las aberturas se considera el porcentaje de acristalamiento, mientras tanto en la envolvente del edificio se considera material de espesor adecuado para muros y techo. Para el diseño bioclimático es importante tener

presente el funcionamiento de los elementos constructivos. Debido a que los materiales funcionaran de manera distinta según sus características, y el sistema constructivo que se utilice.

Es importante tener presente las diferentes características térmicas de los materiales, en la metodología de esta investigación se muestra una tabla en donde se indican estas características (ver tabla 12).

Javier Neila en su libro, Arquitectura Bioclimática indica las estrategias bioclimáticas utilizadas en los diferentes climas del mundo, los mismos que son ejemplos de la arquitectura popular desarrollada en el mundo a lo largo del tiempo. Estas estrategias las representa mediante la siguiente simbología (ver Fig. 10).

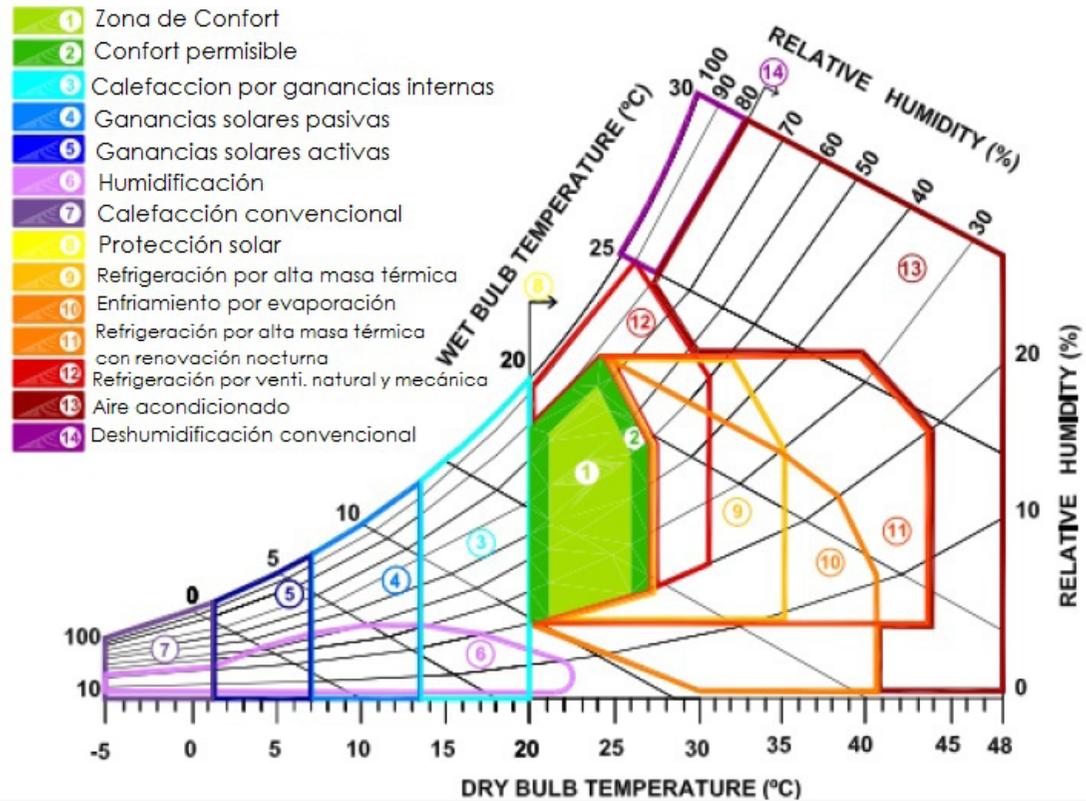


Fig. 9 Carta Psicométrica adoptada por Givoni.  
 FUENTE: Examen de estrategias de Arquitectura bioclimáticas para lograr el confort térmico.

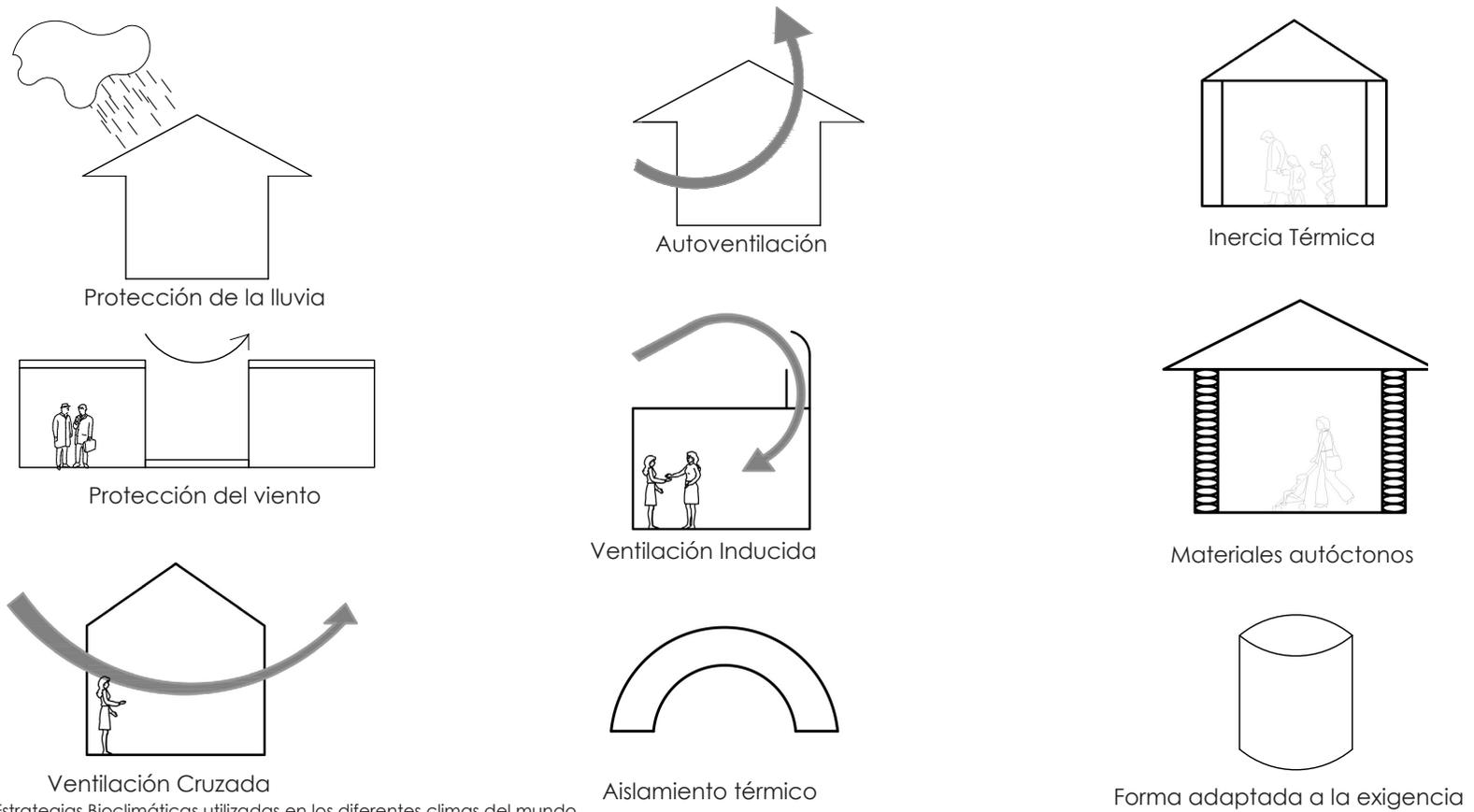
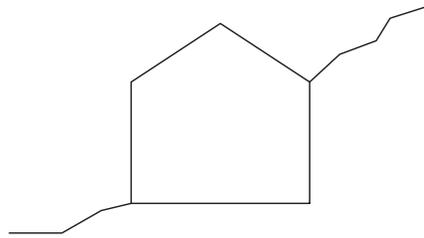
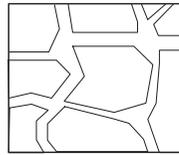


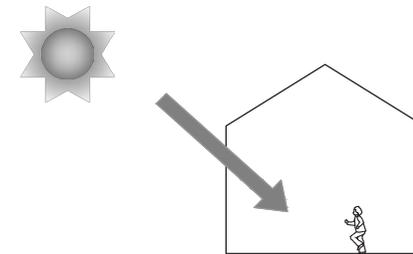
Fig. 10 Estrategias Bioclimáticas utilizadas en los diferentes climas del mundo.  
FUENTE: Javier Neila, Arquitectura Bioclimática.



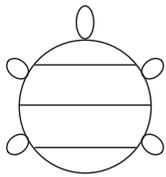
Forma adaptada al terreno



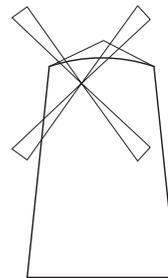
Forma integrada a una figura urbana singular



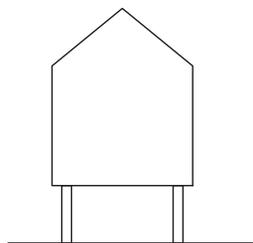
Ganancias Solares



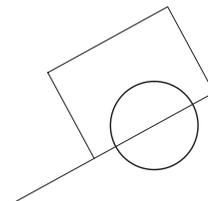
Forma del significado magico



Aprovechamiento de energías renovables



Condicionantes del terreno



Transportabilidad

#### 2.6.4.1 CAPTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR:

Esta estrategia de manera general se la puede conseguir en el inicio del diseño del proyecto, teniendo en cuenta la ubicación, su forma y orientación.

La ubicación no siempre puede ser elegida por el diseñador, sin embargo en muchos casos existe libertad en este aspecto. Por esta razón es de mucha importancia tener claro las ventajas o desventajas de la captación de energía.(Serra, 1991).

Los diferentes aspectos que influyen al momento tomar decisiones en la ubicación son:

- Topografía.
- Relación con el agua.
- Relación con la vegetación.
- Forma urbana.

#### 2.6.4.2 CONSERVACIÓN DE ENERGÍA:

Es importante mantener el calor que se obtiene del sol, para de esta manera tener un mayor número de horas de confort, para este fin se pueden aplicar algunas estrategias generales tales como: mejoramiento del aislamiento térmico, fachadas y cubiertas con alta masa térmica, estas estrategias se las puede aplicar en climas fríos, sin embargo para climas cálidos únicamente de las dos estrategias anteriores nos sería útil la alta masa térmica, del mismo modo se pueden tener presente algunas otras estrategias como, fachadas ventiladas, techos ventiladas, fachadas vegetales, cubiertas ajardinadas, vidrios con baja transmitancia térmica.

#### 2.6.4.3 ESTRATEGIAS DE CALEFACCIÓN:

Para lograr confort térmico en la vivienda se debe captar la energía calórica proviene del sol. Por otro lado, es muy importante conservar la energía captada en el interior, por medio de aislantes en los diferentes elementos que conforman la vivienda, de igual manera con materiales con alta inercia térmica.

Las estrategias de calefacción solar se las puede dividir en directa e indirecta. Directa: Ventanas y lucernarios, así como invernaderos y galerías acristaladas, a continuación se describen cada una de estas estrategias, que son muy útiles para climas templados-fríos como el de Ricaurte.

Captura de la radiación a través de ventanas.

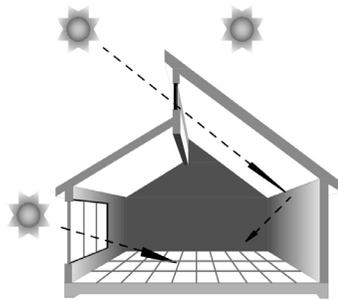


Fig. 11 Captación solar.  
FUENTE: Elaboración propia.

Acrystalado en galerías, son los elementos arquitectónicos que capturan la radiación solar durante las estaciones frías y mantienen la energía en los recintos. Esta energía se puede acumular en suelos y materiales generalmente capacitivos, que más tarde regresan la energía con una diferencia de fase.

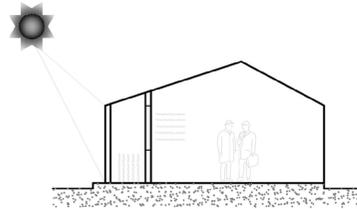


Fig. 12 Acrystalado en galerías. FUENTE: Elaboración propia.

El invernadero contiguo, es una estrategia bioclimática muy similar que captura incluso más radiación solar debido a su superficie superior transparente. En climas fríos de manera significativa, la estrategia de efecto invernadero es más apropiada que la estrategia anterior.

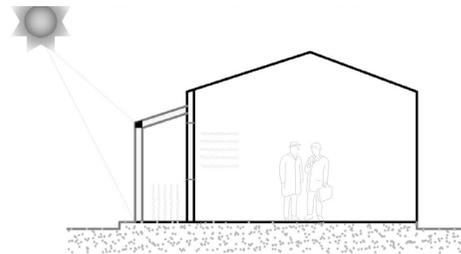


Fig. 13 Invernadero contiguo. FUENTE: Elaboración propia.

Aberturas de techo son otros elementos que permiten la entrada de la radiación solar para facilitar la acumulación de energía térmica en los materiales capacitivos. Los ejemplos incluyen claraboyas que cubren patios adyacentes a los espacios de vida. Estos espacios de vida se ven favorecidos por el calor proporcionado por la radiación solar, que se acumula en el patio. En los meses más cálidos, estas aberturas deben estar cubiertas para evitar la radiación excesiva.

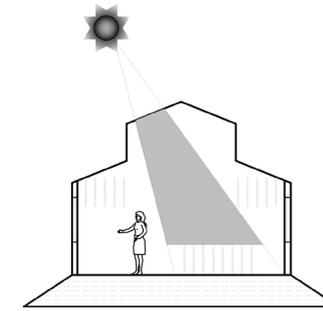


Fig. 14 Aberturas en techos. FUENTE: Elaboración propia.

Indirecta: Muros acumuladores y captadores.  
 Piso capacitivo, acumulación de calor por medio de masa térmica.

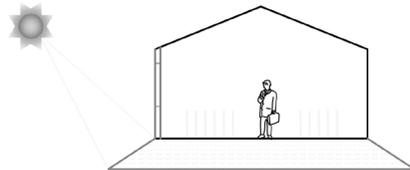


Fig. 15 Pisos captadores. FUENTE: Elaboración propia.

Las paredes y techo sirven como acumuladores de energía proveniente del sol, si los materiales tienen alta inercia térmica.

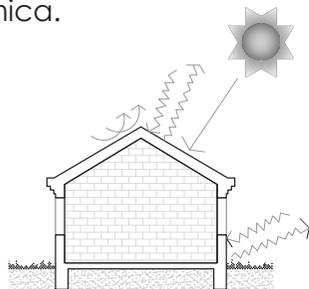


Fig. 16 Paredes acumuladoras. FUENTE: Elaboración propia.

Otra estrategia muy similar es la pared Trombe. El muro Trombe clásica es un enorme muro cubierto por vidrio exterior con un canal de aire entre las capas; el cristal está tan cerca de la pared que se convierte en parte de la fachada y no deja espacio habitable entre las capas.

Este enorme muro absorbe y almacena la energía solar a través del acristalamiento. Parte de esta energía se transfiere a través de la pared en la zona interior del edificio (la habitación) por conducción. Mientras tanto, el aire frío entra en el canal de aire de la habitación a través de una abertura de la pared inferior, se calienta por la pared y los flujos se trasladan hacia arriba debido a la convección.

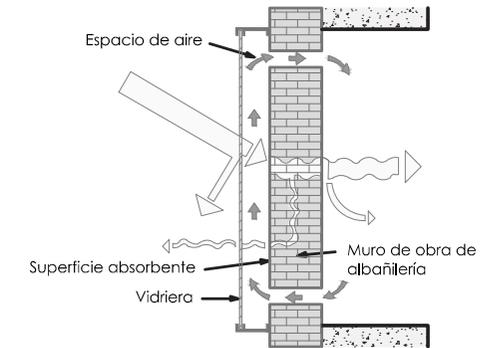


Fig. 17 Muro Trombe. FUENTE: Elaboración propia.

#### 2.6.4.4 ESTRATEGIAS DE REFRIGERACIÓN:

En los periodos de calor, para lograr confort térmico, las viviendas deben proteger su envolvente de la radiación solar (Bustamante, 2009). Para este fin, es necesario la utilización de elementos propios de la construcción o elementos externos, que cumplan con la protección de la vivienda.

Estas estrategias de arquitectura bioclimática intentan evitar las ganancias de calor a provenientes del sol y evitar aumentos de temperatura para permanecer en la zona de confort. La protección se centra en todas las aberturas de construcción, pero también se puede aplicar en general a la envolvente del edificio. El alero como estrategia de protección solar pasiva, para evitar exceso de ganancias solares en los meses más calurosos.

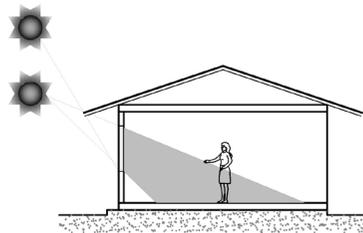


Fig. 18 Alero. FUENTE: Elaboración propia.

El fin principal de los aleros para lo que son construidos es la protección de las fachadas o veredas, para proteger la casa de los rayos solares o de la lluvia. También puede ser independiente en la parte superior de las ventanas. El alero por lo general es macizo u opaco, sin embargo, en la actualidad se utiliza tipo pérgola, rejilla, elemento perforado o translucido (Rodríguez, 2008, p.73).

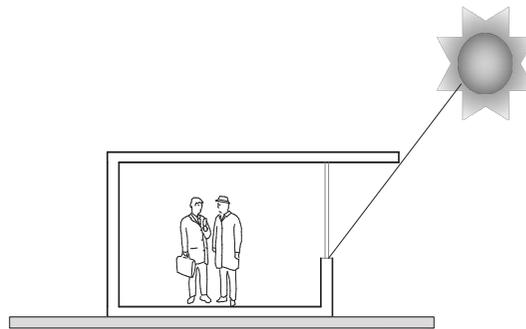


Fig. 19 Alero. FUENTE: Elaboración propia.

Pórtico: Se llama pórtico al espacio cubierto, sostenido por columnas o algún otro elemento de tipo estructural ubicado a lo largo de la fachada (Rodríguez, 2001).

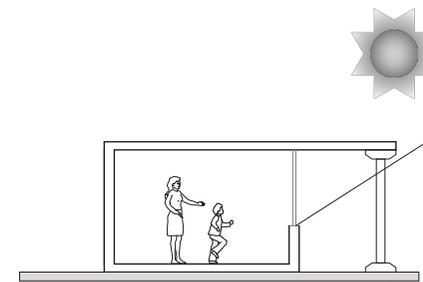


Fig. 20 Pórtico. FUENTE: Elaboración propia.

Repisa: Son estructuras pequeñas voladas. Sirven para el control solar y se ubican principalmente sobre las ventanas.

Son utilizados para la iluminación del interior, por que reflejan los rayos del

sol hacia el cielo raso (Rodríguez, 2008, p.73).

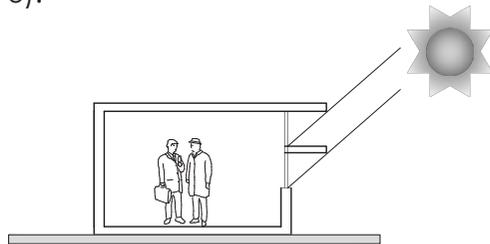


Fig. 21 Repisa. FUENTE: Elaboración propia.

Persiana: Es una estrategia importante debido a que permiten el paso de la luz al interior, pero no permiten el paso de los rayos solares. Pueden ser exteriores o internas (Rodríguez, 2008, p.73).

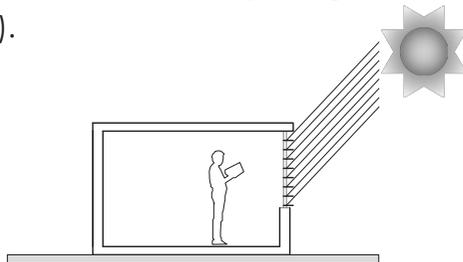


Fig. 22 Persiana. FUENTE: Elaboración propia.

Faldón: Es un elemento que cuelga del alero que sirve para la protección de los rayos solares, evitando el sobrecalentamiento del interior, los faldones se pueden hacer de diferentes materiales (Rodríguez, 2008, p.73).

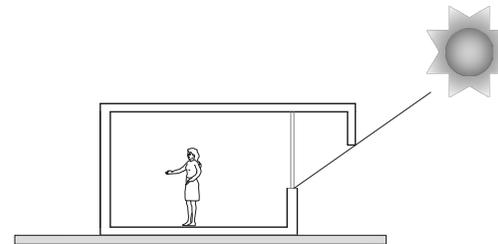


Fig. 23 Faldón. FUENTE: Elaboración propia.

Pantalla: Elemento que se utiliza para obstruir el paso de los rayos solares. Es una superficie vertical que se coloca frente a la ventana, pero no está empotrada al alero como es el caso

del faldón, al igual que las anteriores también puede ser tipo persiana, celosía o maciza (Rodríguez, 2001).

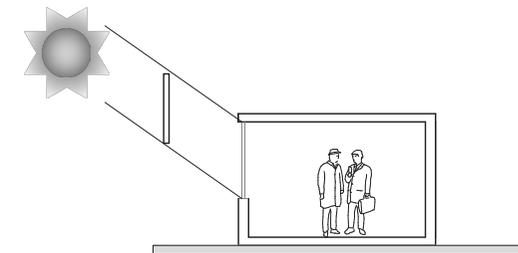


Fig. 24 Pantalla. FUENTE: Elaboración propia.

Pérgola: Viguería colocada a continuación del alero, generalmente asociada con vegetación de enredaderas o trepaderas (Rodríguez, 2008, p.73). También se las utiliza en espacios exteriores creando ambientes confortables, ya sean en terrazas y jardines, brindando equilibrio entre sombra y luz.

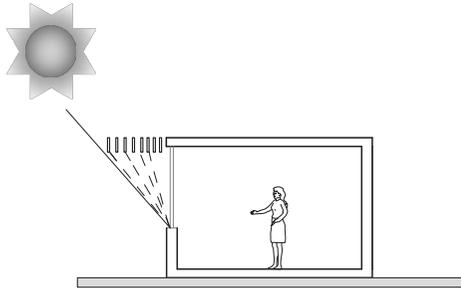


Fig. 25 Pérgola. FUENTE: Elaboración propia.

Toldo: Esta puede ser fija o plegable. Tiene la característica que puede ser transparente, con lo que permite vigilar el paso de la iluminación (Rodríguez, 2001).

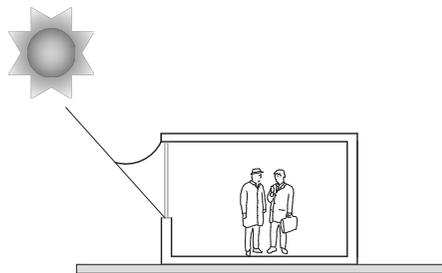


Fig. 26 Toldo. FUENTE: Elaboración propia.

Techo Escudo: Doble techo con cámara de aire que permite la ventilación. Su principal función es hacer sombra a toda la cubierta para evitar que las ganancias solares sean excesivas (Rodríguez, 2001).

Esta estrategia permite que el aire atraviese por medio de las dos cubiertas durante todo el día y la noche, ayudando que la ventilación cruzada sea continua.

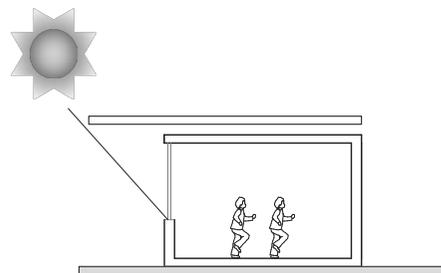


Fig. 27 Techo escudo. FUENTE: Elaboración propia.

Partesol: Esta ubicado en la fachada, cuyo objetivo es bloquear los rayos solares, es un elemento vertical saliente. Este elemento puede estar colocado oblicuo o perpendicular con respecto a la fachada (Rodríguez, 2001).

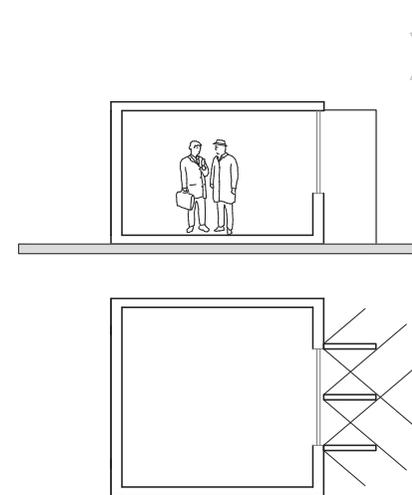


Fig. 28 Partesol. FUENTE: Elaboración propia.

Persiana (vertical): Dispositivo formado por maderas verticales, la disposición de las mismas permiten el paso de la luz y del aire. Al igual que las persianas horizontales estas pueden ser externas o internas (Rodríguez, 2001).

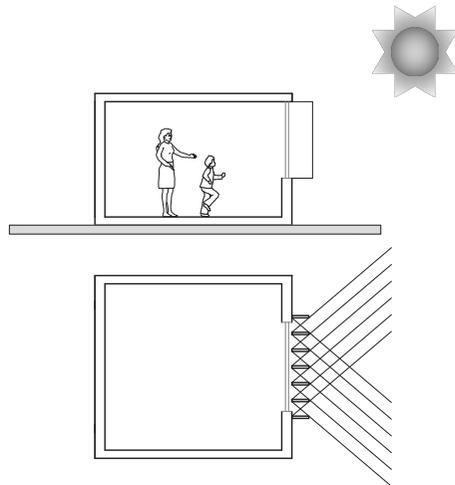


Fig. 29 Persiana. FUENTE: Elaboración propia.

Muro doble: La principal característica de esta estrategia es que cuenta con una cámara de aire, la misma permite la ventilación por medio del movimiento del aire. Así también tiene la función de sombrear la totalidad del muro y así evitar excesivas ganancias térmicas por radiación solar (Rodríguez, 2001).

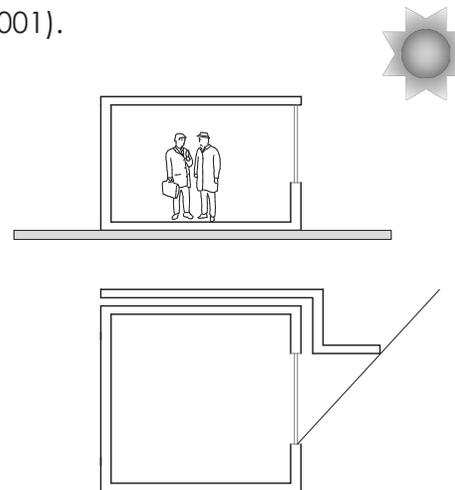


Fig. 30 Muro doble. FUENTE: Elaboración propia.

Marco: Elemento destinado al control solar formado por la combinación de alero, repison y partesoles. En este caso el perímetro del vano de la ventana permanece rodeado por voladizos y saledizos (Rodríguez, 2001).

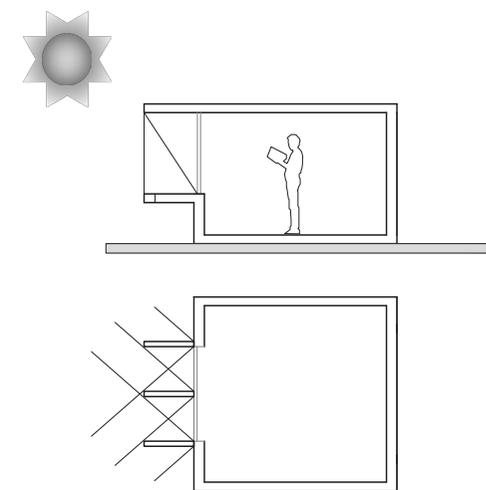


Fig. 31 Marco. FUENTE: Elaboración propia.

Celosía: Elemento para protección solar, es la combinación de persianas horizontales y verticales, además permite el ingreso de luz y de aire (Rodríguez, 2001). La celosía también es utilizada para contrarlar las vistas del exterior al interior de la vivienda.

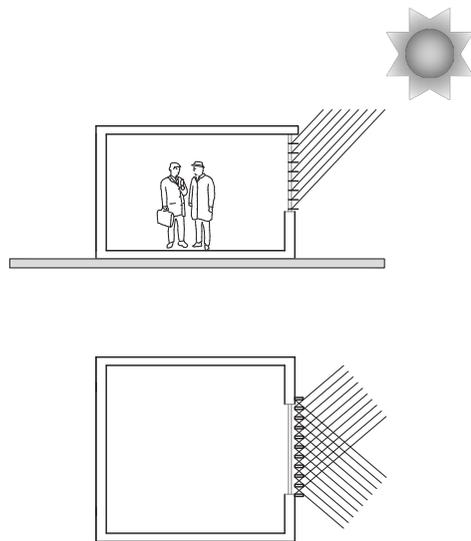


Fig. 32 Celosía. FUENTE: Elaboración propia.

Remetimiento de ventana: Sirve principalmente para que no reciba los rayos de sol directamente (Rodríguez, 2001).

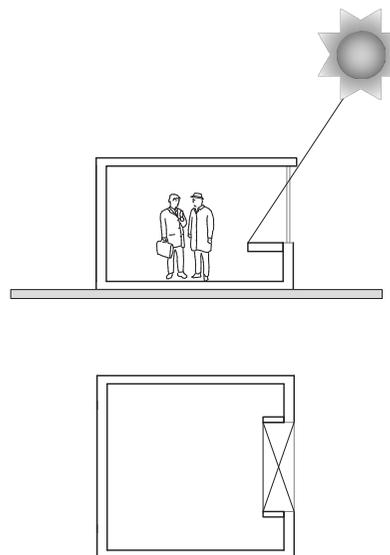


Fig. 33 Remetimiento de Ventana. FUENTE: Elaboración propia.

Cambio de orientación de ventana: En ocasiones, cuando la trama urbana o algún otro factor no permite que la orientación de fachada sea la adecuada es conveniente utilizar esta estrategia (Rodríguez, 2001).

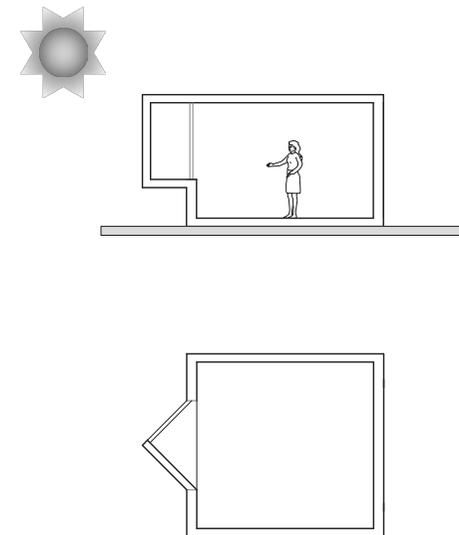


Fig. 34 Cambio de orientación de ventana. FUENTE: Elaboración propia.

Contraventanas: Estas pueden ser como persianas, celosías o ciegas. Pueden ubicarse al interior o exterior de la ventana (Rodríguez, 2008, p.76).

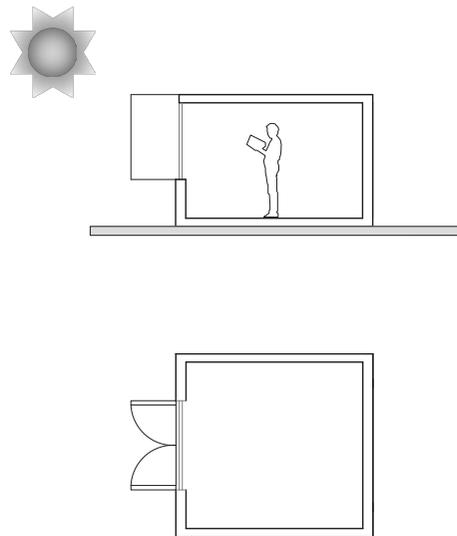


Fig. 35 Contraventana. FUENTE: Elaboración propia.

Cortinas y persianas interiores: Tiene como principal objetivo evitar las vistas desde el exterior, lumínico y del soleamiento, sin embargo, desde el punto de vista térmico no realiza un buen control, debido a que los rayos solares atraviesan el vidrio sin ninguna obstrucción (Rodríguez, 2001).

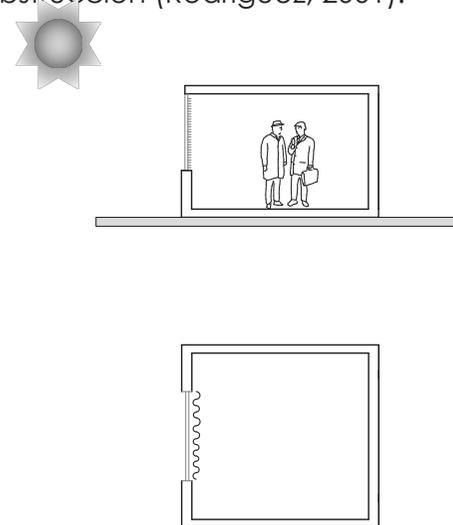


Fig. 36 Cortinas y persianas interiores. FUENTE: Elaboración propia.

Acrisolamientos: Existen soluciones de ventanas para climas fríos que retienen el calor dentro de la vivienda (valor U bajo). Estas permiten la entrada de radiación solar a través del vidrio por tener vidrios con un coeficiente de sombra (CS) alto. Al revés, cuando se trata de climas cálidos, se deben buscar vidrios con el menor CS posible, para evitar la entrada de radiación solar y evitar sobrecalentamientos (CChC, 2015).

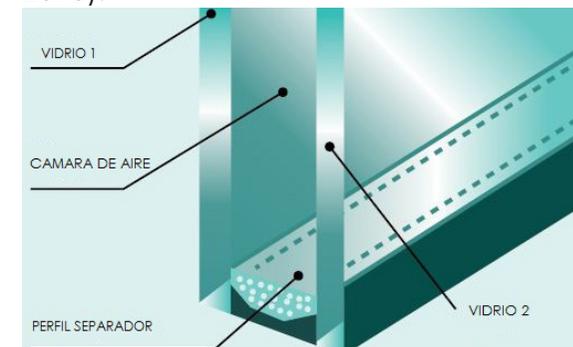


Fig. 37 Doble vidrio. FUENTE: Manual de Acondicionamiento Térmico, (Camara Chilena de la Construcción, CChC).

La protección de los rayos solares también puede ser de forma natural, por medio de árboles o enredaderas, es una opción válida en la arquitectura bioclimática.

A continuación se indican ejemplos. Uso de árboles con hojas de hoja caduca. Estos árboles son aquellos que no mantienen sus hojas durante todo el año, hay meses en los cuales el árbol únicamente tiene ramas, ejemplos de árboles de hoja caduca propios de Cuenca son el nogal, el capulí.

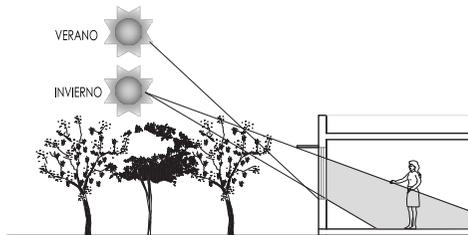


Fig. 38 Protección con vegetación.  
FUENTE: Elaboración propia.

De igual manera están los árboles de hoja perenne, también utilizados en la arquitectura bioclimática, estos son árboles que mantienen sus hojas durante todo el año a durante todas sus estaciones, utilizados en climas muy cálidos en donde es necesaria la sombra durante todo el año.

A través de elementos arquitectónicos tales como pérgolas con vegetación de hoja caduca o perenne.

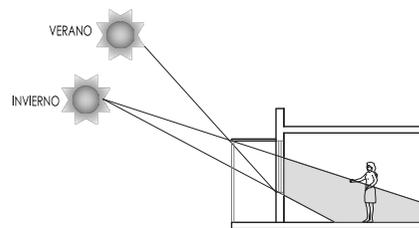


Fig. 39 Protección con enredaderas.  
FUENTE: Elaboración propia.

#### 2.6.4.5 HUMIDIFICACIÓN

El objetivo de esta estrategia es lograr la comodidad mediante el aumento de la humedad relativa. Esto se logra mediante la introducción de aire que ha pasado a través de una superficie del agua.

Humidificación de aire a través del contacto con la vegetación.

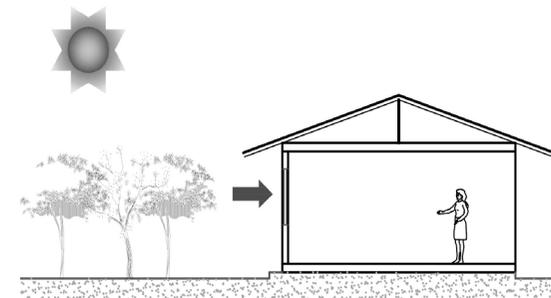


Fig. 40 Humidificación por vegetación.  
FUENTE: Elaboración propia.

Humidificación de aire, a través del contacto con la vegetación dentro del edificio (patio).

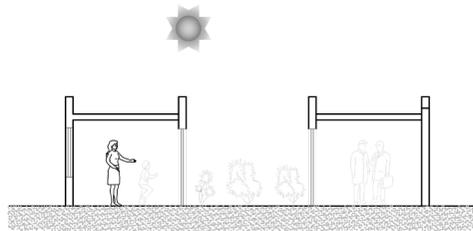


Fig. 41 Vegetación interior. FUENTE: Elaboración propia.

Humidificación de aire a través del contacto con agua en tuberías enterradas.

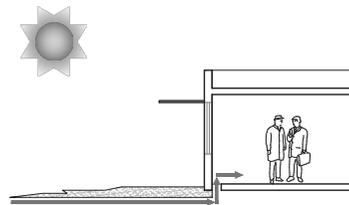


Fig. 43 Agua en tuberías. FUENTE: Elaboración propia.

Humidificación de aire a través del contacto con el agua acumulada.

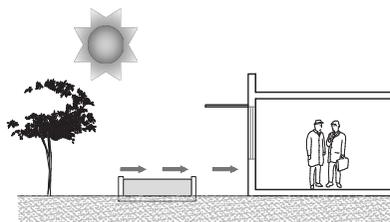


Fig. 42 Contacto con agua. FUENTE: Elaboración propia.

#### 2.6.4.6 VENTILACIÓN

El objetivo de esta estrategia es lograr la comodidad mediante el tránsito de aire al interior de la vivienda el mismo que ingresa a través de sus fachadas o techos.

Una de las estrategias más utilizadas es la ventilación cruzada, cuya

orientación de la vivienda es crucial para lograr la efectividad de esta estrategia, de igual manera para que exista una ventilación adecuada la profundidad del recinto no debe ser mayor a cinco veces la altura del vano.

La conducción de aire limpio y fresco a través de la cubierta también es muy utilizada en climas cálidos.

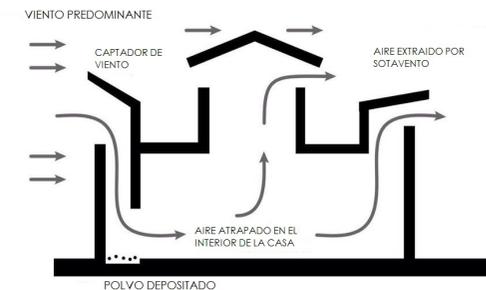
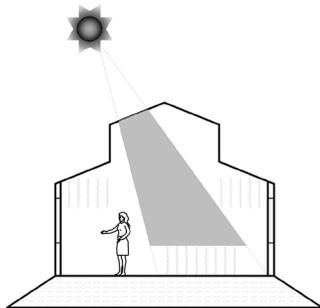


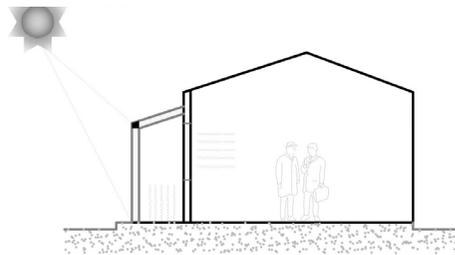
Fig. 44 Captación de viento. FUENTE: Javier Neila, Arquitectura Bioclimática.

Luego de analizar las estrategias bioclimáticas utilizadas generalmente para tener confort termico, se puede determinar cuáles son las más aconsejables para ésta investigación. A continuación se presentara un resumen de estas estrategias.

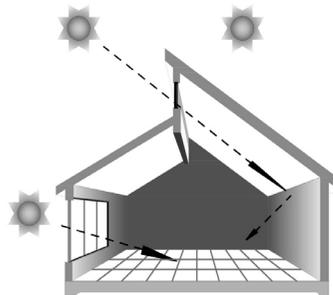
Aberturas en techos.



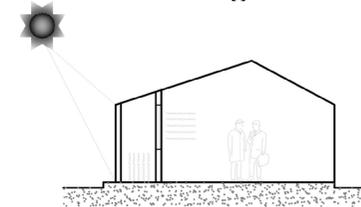
Invernadero contiguo.



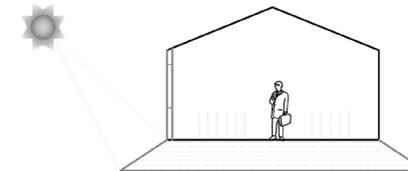
Captura de la radiación a través de ventanas.



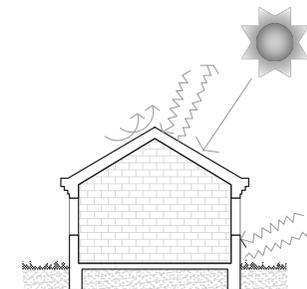
Acristalamiento en galerías



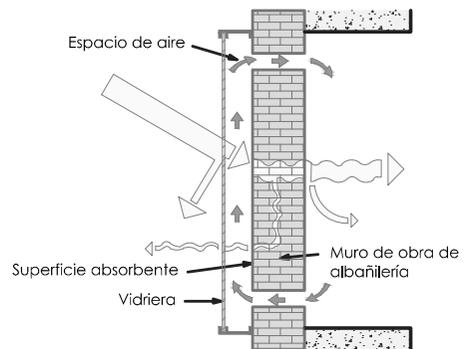
Pisos captadores



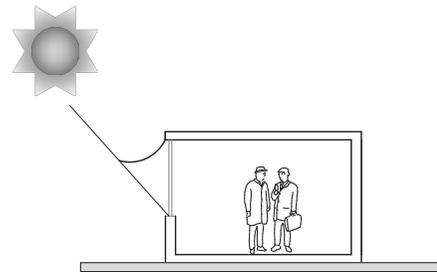
Paredes acumuladoras



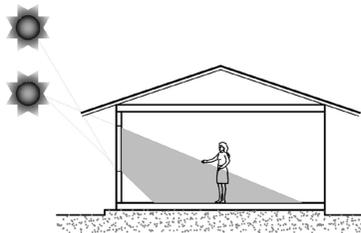
Muro Trombe



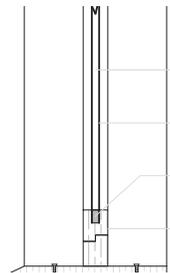
Toldo (Evitar ganancias solares excesivas)



Alero (como protección de la lluvia y humedad)



Doble vidrio



### 2.6.4.7 AISLACIÓN

En las estrategias para lograr que la vivienda se encuentre dentro de los rangos de confort, existe una alternativa bastante utilizada, la misma que es muy útil en climas en donde las variaciones térmicas son muy altas y la radiación solar no es constante durante el año.

Par lograr que la vivienda tenga un buen comportamiento térmico es de vital importancia que la aislación se la realice adecuadamente, es decir que se evite en lo posible que queden lugares sin aislar. Para lograr este fin no se debe permitir la aparición de puentes térmicos por donde ingrese frío o e pierda calor (Bustamante, 2009).

En la siguiente imagen se puede

identificar una aislación térmica bien realizada, otra aislación térmica mal realizada y por último una aislación continua en la unión de pared y techo.

Es aconsejable que haya continuidad en la aislacion y no permitir la presencia de puentes térmicos.

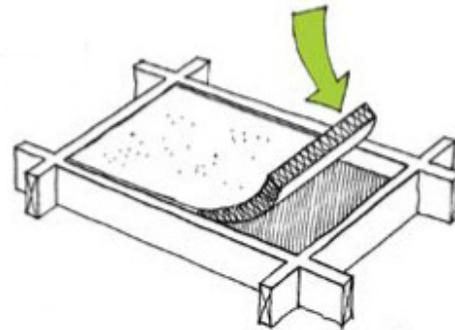


Fig. 45 Aislación térmica bien instalada.  
FUENTE: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.

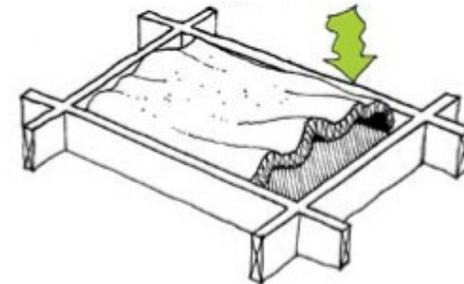


Fig. 46 Aislación térmica mal instalada.  
FUENTE: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.



Fig. 47 Aislación térmica continua.  
FUENTE: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.

MATERIALES AISLANTES										
IMÁGEN	DENOMINACIÓN		ORIGEN	CONDUCTIVIDAD ( $\lambda$ )/W/(m.K)	FACTOR DE RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DEL VAPOR DE AGUA ( $\mu$ )	INFLAMABLE	FORMATO	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN SU INSTALACIÓN	CONTENIDO DE PRODUCTO RECICLADO (0-3) <sup>o</sup>	BIODEGRADABLE
	LANAS MINERALES (MW)	LANA DE ROCA (SW)	Mineral	0,03 - 0,05	1	NO	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	1	No
		LANA DE VIDRIO (GW)	Mineral	0,03 - 0,05	1 - 1,3	NO	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	2	No
	POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)		Sintético	0,029 - 0,053	20 - 40	SI	Panel y a granel	No	1	No
	POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS)		Sintético	0,025 - 0,04	100 - 220	SI	Panel	Guantes	1	No
	POLIESTIRENO O POLISOCIANURATO (PUR)		Sintético	0,019 - 0,040	60 - 150	SI	Panel y espuma	Ojos, sistema respiratorio y piel	1	No
	PERLITA EXPANDIDA (EPB)		Mineral	0,040 - 0,060	3 - 8.	NO	Panel, rollo, espuma y a granel	Protección frente al polvo	0	No
	VIDRIO CELULAR (CG)		Mineral	0,035 - 0,055	infinita	NO	Panel y espuma	No	3	Si
	LANA DE OVEJA (CHW)		Animal	0,035 - 0,050	1 - 3.	SI	Rollo y a granel	No	0	Si

Tabla 5: Aislantes utilizados en la construcción

FUENTE: Instituto Valenciano de la Edificación.

MATERIALES AISLANTES									
IMÁGEN	DENOMINACIÓN	ORIGEN	CONDUCTIVIDAD ( $\lambda$ )W/(m.K)	FACTOR DE RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DEL VAPOR DE AGUA ( $\mu$ )	INFLAMABLE	FORMATO	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN SU INSTALACIÓN	CONTENIDO DE PRODUCTO RECICLADO (0-3) <sup>3</sup>	BIODEGRADABLE
	ALGODÓN (CO)	Vegetal	0,029 - 0,040	1 - 2.	Autoextingible	Rollo	No	0 - 3.	Si
	CÁÑAMO (HM)	Vegetal	0,037 - 0,045	1 - 2.	NO	Panel, rolo, proyectado y a granel	No	0	Si
	CELULOSA (CL)	Vegetal	0,034 - 0,069	1 - 2.	Autoextingible	Panel, rolo, proyectado y a granel	Protección frente al polvo	3	Si
	CORCHO (ICB)	Vegetal	0,034 - 0,100	5 - 30.	NO	Panel, rolo y a granel	No	0	Si
	FIBRAS DE COCO (CF)	Vegetal	0,043 - 0,047	1 - 2.	NO	Panel y rolo	No	0	Si
	LINO (FLX)	Vegetal	0,037 - 0,047	1 - 2.	NO	Panel, rolo y proyectado	No	0	Si
	VIRUTAS DE MADERA (WF)	Vegetal	0,038 - 0,107	1 - 10.	SI	Panel, proyectado y a granel	No	0 - 2.	Si

Tabla 6 : Aislantes utilizados en la construcción

FUENTE: Instituto Valenciano de la Edificación.

#### 2.6.4.8 PUENTE TÉRMICO

Según el Manual de Acondicionamiento Térmico desarrollado por la cámara de la construcción Chilena es la parte de un cerramiento con resistencia térmica menor al resto del mismo, lo que incrementa el porcentaje de condensaciones y pérdidas de calor por esa zona (Bustamante, 2009).

En vista a lo manifestado anteriormente, se puede decir que la envolvente de la edificación presenta puntos críticos siendo estos las uniones entre elementos y materiales, es decir, cuando existe el cambio de un material a otro, por ejemplo en el vano de una ventana. Los puentes térmicos son sectores limitados con una transmitancia térmica alta con respecto a la demás superficie, aumentando las pérdidas térmicas, produciendo el riesgo de

condensación y aparición de moho en ese punto crítico. Hay varios tipos de puentes térmicos:

**PUENTE TÉRMICO GEOMÉTRICO**, este puede ser una esquina, debido a su configuración genera mayor conducción de calor en ese sector (CChC, 2015).

**PUENTE TÉRMICO CONSTRUCTIVO**, este se presenta por un cambio de materialidad. Un pilar de hormigón en un muro de albañilería representa un puente térmico constructivo, mientras un pilar de hormigón en la esquina representa un puente térmico constructivo y genérico a la vez (CChC, 2015).

**INSTALACIONES Y FIJACIONES**, por ejemplo tubos embebidos que reducen el espesor del elemento y/o perforar o debilitar la capa de aislante.

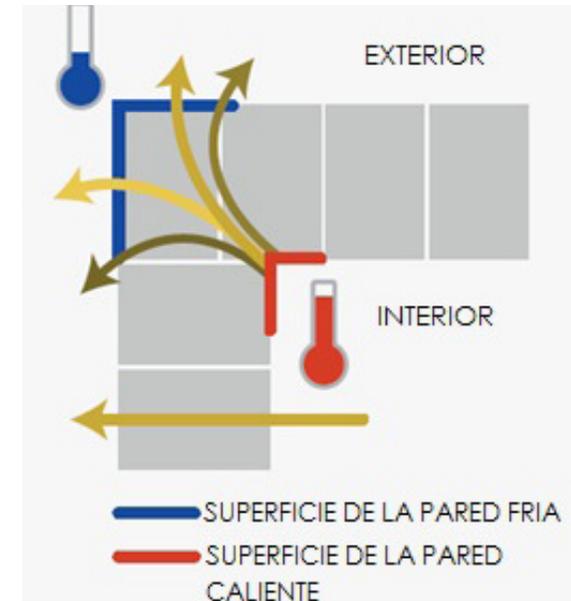


Fig. 48 Puente Térmico  
FUENTE: Manual de Acondicionamiento Térmico, (Cámara Chilena de la Construcción, CChC).

**VANOS**, En los vanos de puertas y ventanas se reduce la distancia entre la cara interior y la cara exterior, por lo que también representan un puente térmico.

## 2.7 ESTUDIO DE CASOS SIMILARES

### 2.7.1 CASA ARAUCO

Esta vivienda fue participante del "Segundo Concurso Arquitectura y Eficiencia Energética en Vivienda Social", Chile, 2007. La misma presenta criterios de sustentabilidad desde su planificación inicial, además de utilizar materiales que incorporen poca energía en su proceso de acondicionamiento para su posterior uso en la construcción, del mismo modo tiene presente estrategias pasivas para calefacción en invierno y enfriamiento en verano.

Arauco se encuentra ubicado en la región del Biobío, esta pertenece a las 15 regiones en las que se encuentra

dividido político-administrativamente Chile, sus coordenadas son 37°15'00" S 73°19'00".



Fig. 49 Ubicación. FUENTE: Elaboración propia.

Según los autores de la vivienda, se eligió Arauco por tener potencial industrial, bajas remuneraciones, alta cesantía, y tener un alto crecimiento poblacional además de un descontento social (Villalobos, 1998).

La vivienda tiene 49 m<sup>2</sup>, con la posibilidad de alcanzar los 69m<sup>2</sup> si se la amplía al máximo. Este proyecto trata de garantizar que en las futuras ampliaciones según la planificación del mismo, cumpla con las características de diseño energético y eficiencia, para esto se considera que los usuarios postulan a subsidios para el mejoramiento de la vivienda social.

Según Villalobos, se propuso privilegiar la creación de agrupaciones de 16 y 20 casas, para de esta manera conseguir control social en los espacios comunitarios, además de crear pasajes sin salida (cucharas), para tener un solo lugar de reunión o encuentro con el resto de las familias. Por lo tanto, al tener grupos de 20 familias reunidas en un solo lugar se logra seguridad.

### 2.7.1.1 CLIMA

La ciudad de Arauco está ubicada frente al golfo del mismo nombre en la Región del Bio-Bio. Esta provincia se encuentra ubicada en la costa sur de la octava región, su altitud media es de 12 m.s.n.m.

La comuna de Arauco se caracteriza por tener un clima lluvioso con

influencia mediterráneo. Presenta una amplitud térmica diaria de 10°C y una anual de 8°C (Villalobos, 1998).

### 2.7.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La región del Bio-Bio se encuentra al sur del continente Americano, por esta razón la vivienda fue orientada Norte-Sur, debido a que el sol iluminara la fachada Norte durante todo el año (ver figura 50), y nos permite tener ganancias térmicas desde el exterior y así tener temperaturas agradables dentro de la vivienda.

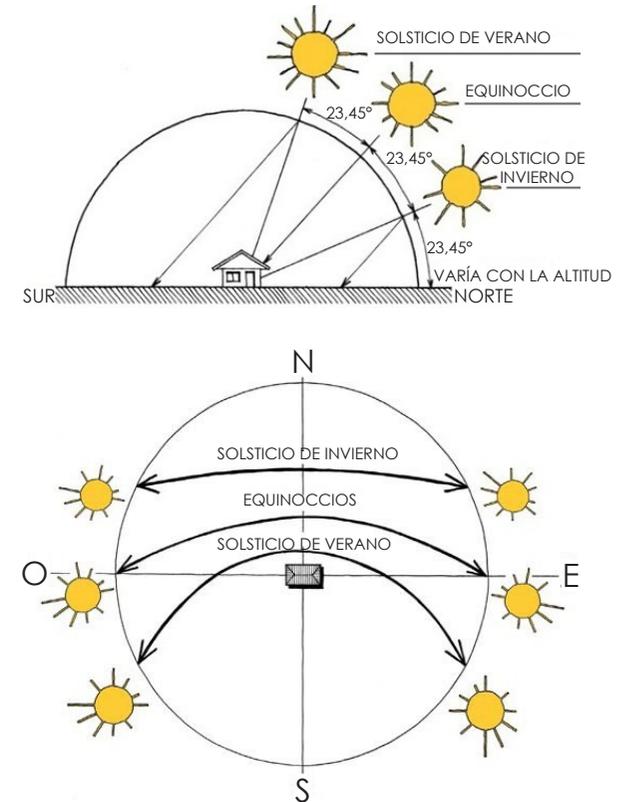


Fig. 50 Solsticio y equinoccio, Biobio.  
FUENTE: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.

De igual manera, la disposición de las viviendas nos permite tener compacidad y protección de cada unidad habitacional por zonas térmicas adyacentes, las viviendas forman grupos de 4 y 6, todas con muros y cubiertas ventiladas.

### 2.7.1.3 ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA

La ubicación geográfica de la ciudad de Arauco al sur del continente Americano, permite que los rayos solares estén presentes desde el Norte durante todo el año. Es por esto, que la vivienda está orientada Norte - Sur de esta manera la casa aprovecha mucho mejor los rayos solares durante un tiempo mayor en el todo el año.

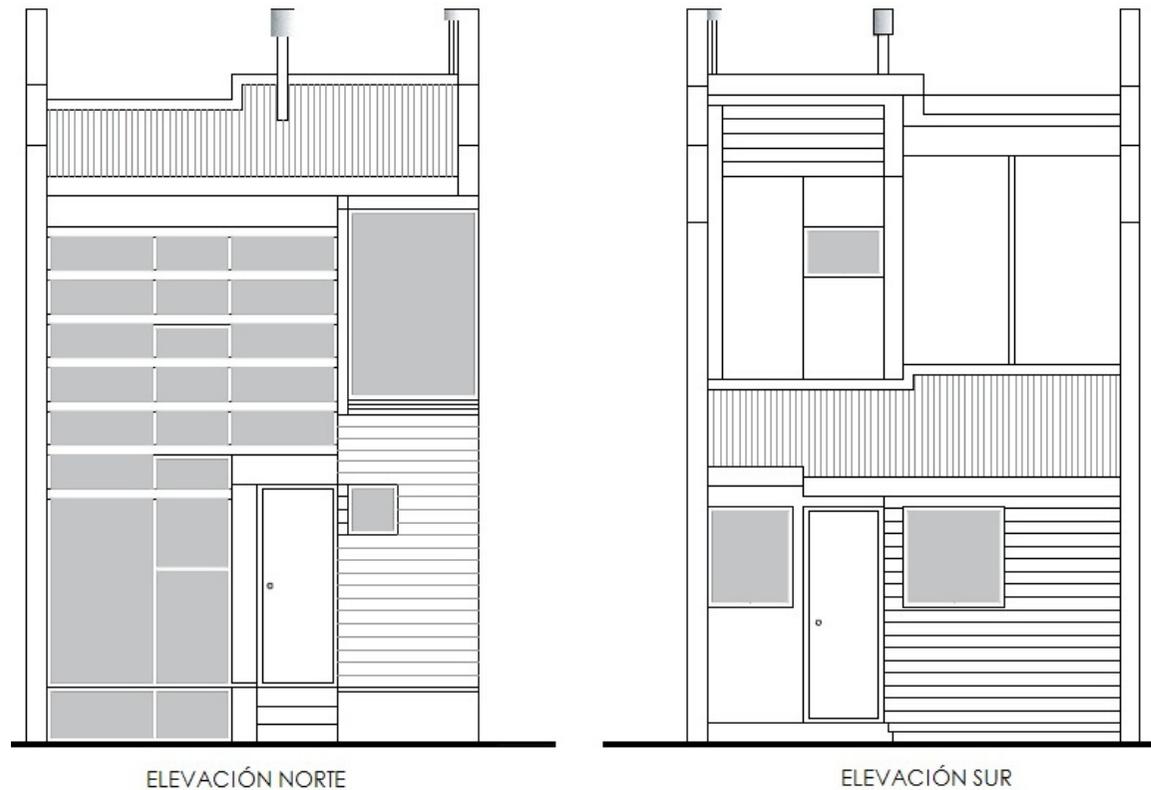


Fig. 51 Elevación Frontal y Posterior.

FUENTE: Criterios Bioclimaticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca

#### 2.7.1.4 MASA TÉRMICA

La roca es un material con alta masa térmica, es por esto que en la casa Arauco se utilizó este material en un lecho de rocas que se encuentra ubicado bajo la fachada frontal de la vivienda, esta fachada está orientada al norte, recibiendo la radiación solar durante todo el día siempre que exista la presencia del sol.

Este es un mecanismo muy utilizado en la arquitectura bioclimática por ser una fuente de calentamiento pasivo de la vivienda.

La principal función del lecho de rocas es almacenar el calor, esto se produce gracias a un vidrio colocado sobre el mismo donde incide la radiación solar, calentando las rocas, este calor será devuelto posteriormente al ambiente, en este caso, al interior de la vivienda.

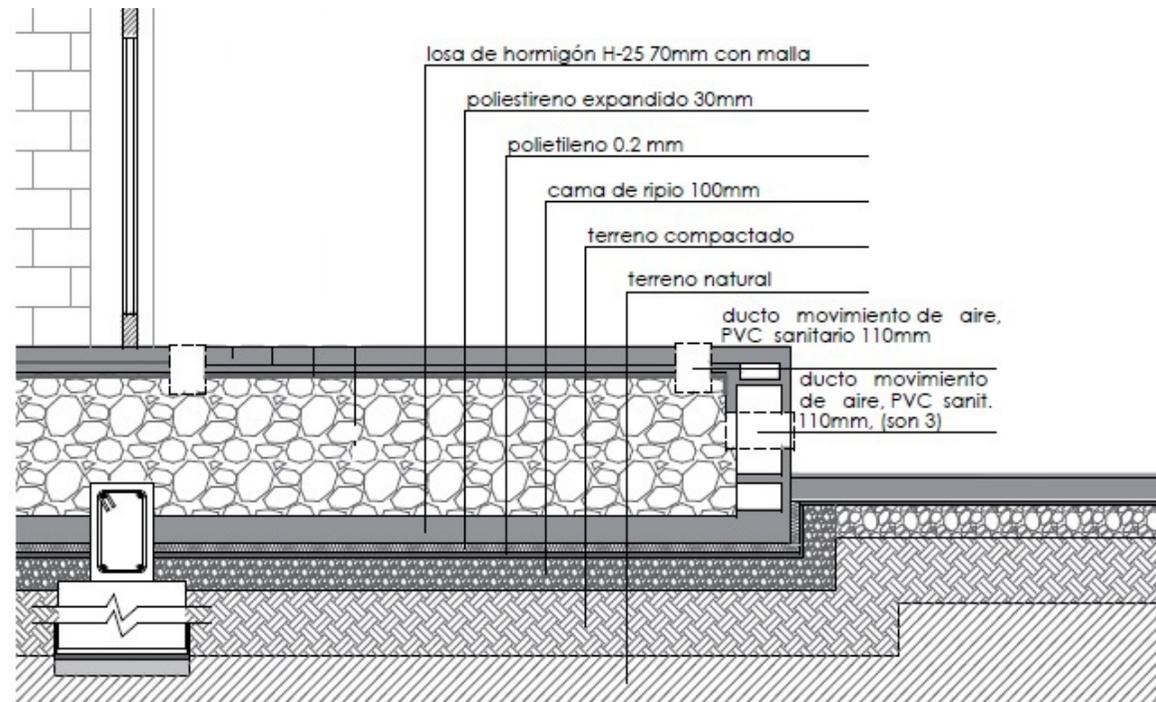


Fig. 52 Lecho de rocas (Masa térmica).

FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca

Este calor puede ingresar a la vivienda ya sea por conducción o convección natural o forzada. En la vivienda Arauco el mecanismo utilizado para lograr que el calor ingrese a la vivienda fue por conducción forzada, mediante la circulación de aire desde el lecho de rocas hacia el interior del edificio mediante ductos (Cordero, 2012).

De igual manera se utilizó ladrillo por tener gran inercia térmica, éste almacena el calor proveniente de la radiación solar, también se genera calor dentro de la vivienda producido por aparatos eléctricos, iluminación, personas entre otros. Por lo tanto el ladrillo permite mantener estables las temperaturas internas.

El ladrillo fue utilizado en la pared norte, la misma recibe los rayos solares

durante el día, de igual manera detrás del invernadero. Este material también fue utilizado en las paredes laterales adosadas.

#### 2.7.1.5 INVERNADERO

La vivienda está orientada hacia el norte favoreciendo la captación solar, por esta razón en la fachada principal se diseñó un tipo de muro cortina para hacer un invernadero en la fachada de la vivienda y en el interior de la misma (ver figura 53).

En el espacio donde se ubica el invernadero, en planta baja el estar puede crecer hacia esta zona en época de verano, ya que gracias a las ganancias directas que nos ofrecen los vidrios que conforman el invernadero este ambiente estará en confort térmico, del mismo modo

en época de frío el estar se reduciría únicamente a las dimensiones planificadas principalmente, dejando el invernadero libre, debido a que el frío en el exterior hará que esta zona se vuelva fría.



Fig. 53 Invernadero.  
FUENTE: ETICA ARQUITECTURA Y SUSTENTABILIDAD  
Desafío en la Arquitectura para el nuevo siglo.

### 2.7.1.6 AISLACIÓN

En esta vivienda se consideró la aislación de paredes, pisos, techo, ventanas y puertas, esto responde a que se busca disminuir el consumo en climatización. La envolvente de la edificación es por donde se pierde calor hacia el exterior es por esto que las paredes orientadas al Sur se encuentran aisladas para evitar perder las ganancias internas que se presentan en la vivienda, estas paredes se encuentran aisladas con dos capas de poliestireno expandido y fieltro el que impide el paso de humedad hacia la pared (ver fig. 54).

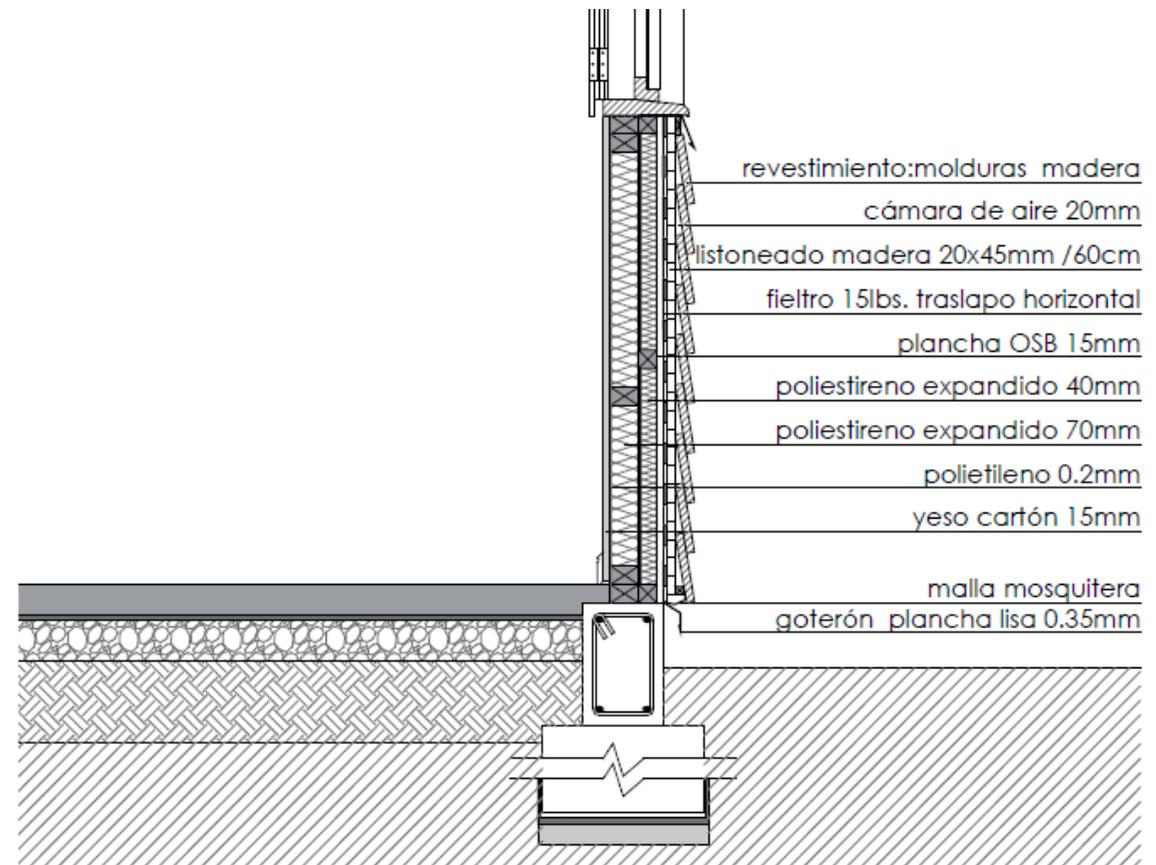


Fig. 54 Detalle (Aislación térmica en pared).

FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca

De igual manera la cubierta se encuentra aislada con lana mineral de 150 mm también se utiliza un aislante adicional que es el fieltro para evitar humedad dentro de la cubierta y de esta manera evitar que las cerchas de madera absorban humedad.

También se colocó aislamiento térmico en los pisos, por ser uno de los elementos constructivos por donde se escapa la mayor cantidad del calor (ver figura 55). El aislante utilizado es el poliestireno expandido, mientras que en el entrepiso se utilizó un aislante térmico y acústico entre las vigas de madera y el tablero de partículas (Cordero, 2012).

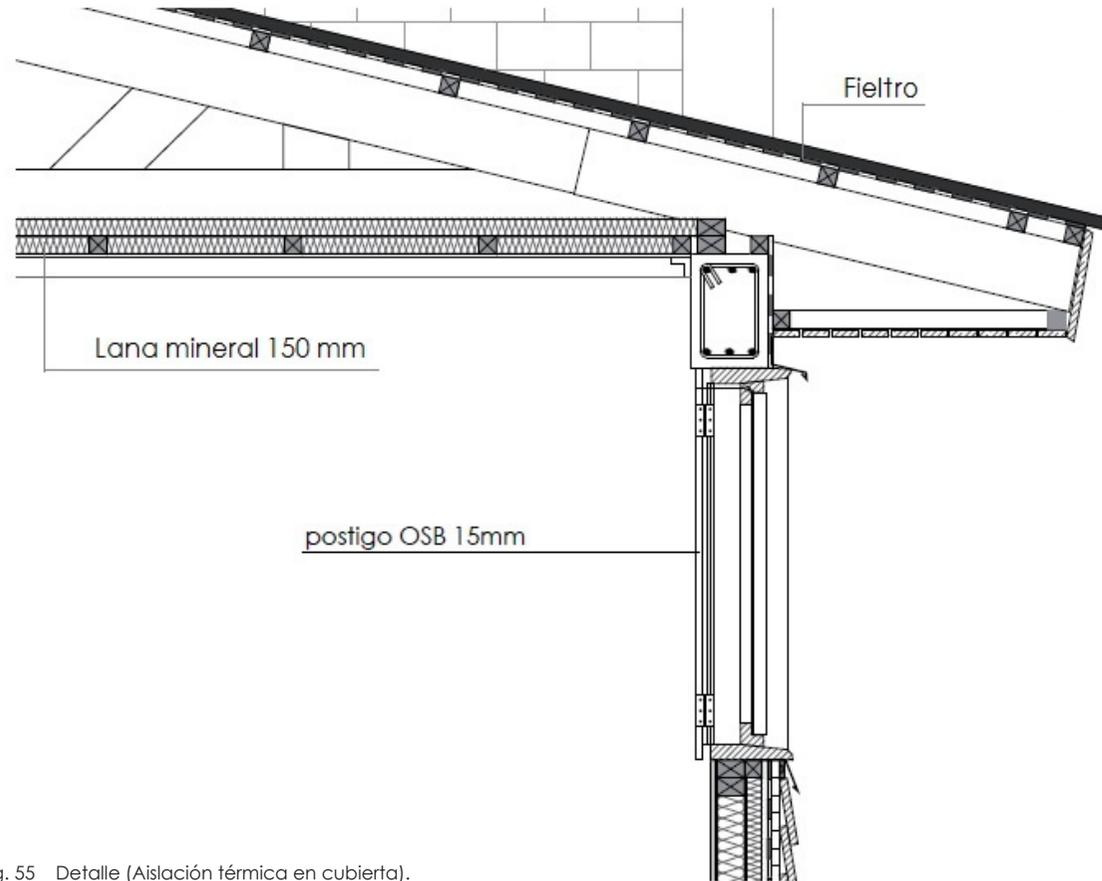


Fig. 55 Detalle (Aislación térmica en cubierta).  
FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca





Fig. 57 Isometría (Colecionador solar ducha).  
 FUENTE: Criterios Bioclimaticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca

para lograr el bienestar dentro la vivienda se diseñó las ventanas frontales y posteriores no paralelas para que el aire se distribuya de una mejor manera al interior en los ambientes. De igual manera al no ser paralelas las ventanas opuestas ayuda a controlar la cantidad de aire que ingresa.

### 2.7.1.8 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS ACTIVAS

La vivienda cuenta con un calentador solar, esta es una excelente manera de aprovechar la energía solar para calentar agua sanitaria, siendo estos muy eficientes al momento de ahorrar electricidad. El agua utilizada para el colector solar térmico, proviene de las lluvias que se recoge en los canales de la cubierta de la edificación, la cual una vez que ha sido filtrada se conduce

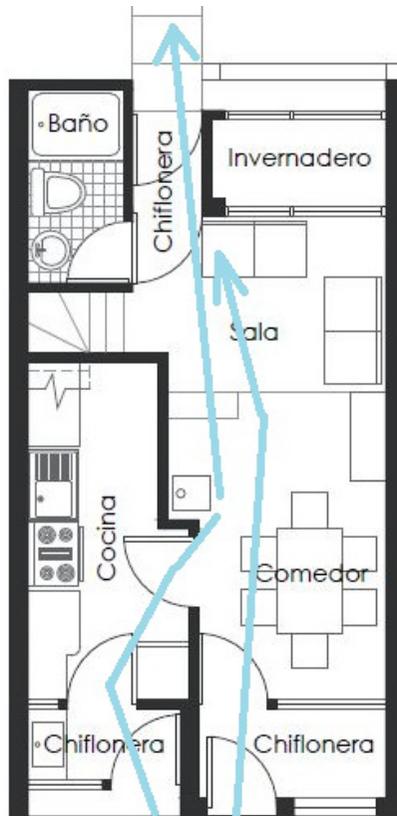


Fig. 58 Ventilación.  
FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

mediante un sistema de tuberías hacia el colector solar (Cordero, 2012). Este calentador solar está orientado al Norte para recibir la mayor cantidad de radiación solar posible.

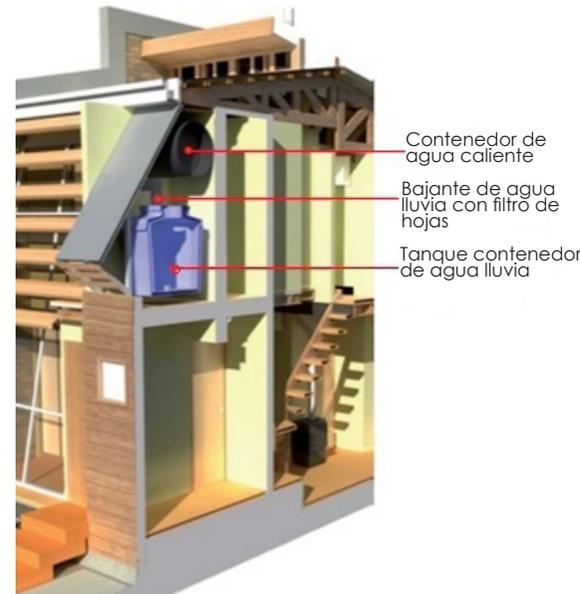


Fig. 59 Estrategias bioclimáticas activas.  
FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

La planificación de la vivienda Arauco en todas sus etapas considera la eficiencia energética, la utilización de materiales que no hayan tenido demasiados procesos de transformación antes de ser parte de la construcción, además de tener presente estrategias bioclimáticas pasivas y activas para lograr que los ocupantes tengan confort térmico, de igual manera, buscando que los costos de construcción no sean elevados y sea una vivienda accesible para personas de bajos recursos económicos, de esta manera contribuir con el medio ambiente evitando que gases contaminantes bayan a la capa de ozono.

## 2.7.2 CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS PARA EL DISEÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CUENCA.

Esta vivienda corresponde a una propuesta realizada por los siguientes autores: Ximena Cordero y Vanessa Guillén.

Esta propuesta pretende aplicar estrategias bioclimáticas para lograr que la vivienda sea confortable, dentro de las estrategias más utilizadas esta la captación solar pasiva mediante acristalamientos, de esta manera logra ganar calor y así también tener una buena iluminación.

Del mismo modo, pretende la utilización de diseño solar activo, además de planificar una vivienda confortable térmicamente se plantea que la

misma sea confortable en lo lumínico y acústico.

Se propone una vivienda que se adapte al clima de Cuenca, la misma tiene que brindar confort térmico a sus ocupantes, para tal fin, se realizó un análisis del clima, y un estudio de campo a un grupo de viviendas, en donde se determinó su comportamiento frente al clima, y así poder determinar cuáles son las mejores estrategias bioclimáticas que se puede aplicar a la propuesta y así lograr el objetivo de la presente tesis.

La vivienda se encuentra ubicada al Sur de Cuenca, en el límite urbano de la ciudad (ver figura 60).



Fig. 60 Ubicación.  
FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

La propuesta de vivienda considero tres etapas importantes: la primera es el diseño solar pasivo, para lograr confort térmico, en una segunda etapa corresponde al diseño solar activo, para calentar agua sanitaria y también para generar energía eléctrica, y por último una tercera etapa en relación a otros factores ambientales en donde se encuentran estudios lumínicos y

acústicos, así también el reciclaje de agua lluvia (Cordero, 2012).

#### 2.7.2.1 CLIMA

La ciudad de Cuenca se encuentra ubicada dentro de un valle en el callejón interandino, puede recibir influencia de la Costa o del Oriente, por esta razón el clima puede presentar variaciones térmicas y estabilidad en la humedad atmosférica.

A continuación describiremos los elementos climáticos que definen el clima de Cuenca.

La temperatura se encuentra en un promedio anual de 16,3°C, presentando una amplitud térmica promedio anual de 2,7°C. Hay que indicar que las menores temperaturas se hacen presentes entre los meses de Junio y Septiembre y las mayores

temperaturas en los meses de Diciembre y Enero.

Se llegó a la conclusión que hay que mejorar el confort térmico diario, ya que la amplitud térmica diaria es de 9,2°C siendo esta mayor que a la de un año.

En cuanto a la humedad relativa promedio de la ciudad es de 64,9% en los meses de Marzo y Mayo se registran los mayores porcentajes de humedad mientras disminuye en el mes de Agosto. La humedad relativa es constante por lo que sus variaciones no significan impactos en el comportamiento general del clima.

Las precipitaciones están presentes en Cuenca durante dos periodos del año el primero entre Febrero y Mayo

con 101,13 mm/m<sup>2</sup>, mientras que el segundo periodo entre los meses de Octubre a Diciembre con 87,7 mm/m<sup>2</sup>. Mientras tanto en los meses de escasas de lluvia alcanza 35,98mm/m<sup>2</sup>.

Los vientos predominantes en la ciudad tienen una dirección Noreste, con una velocidad entre los 9 y 12,82 Km/h.

La nubosidad es una masa visible formada por gotas de agua microscópicas suspendidas en la atmosfera, Cuenca tiene una nubosidad de 7/8 octavos en los meses de Febrero a Mayo y disminuye a 6/8 en los demás meses.

En cuanto a la radiación solar en Cuenca varía entre los 3,92 y 5,06 Kwh/m<sup>2</sup>, teniendo la menor radiación el mes de Junio.

### 2.7.2.2 ANÁLISIS DEL MICROCLIMA

Dentro de este análisis toma en cuenta la orografía debido a que el predio se ubica a unos 100m aproximadamente de montañas ubicadas al Sur, las mismas no impiden el paso del sol en ningún mes del año, por lo tanto no afectan el soleamiento de la vivienda. De la misma manera se analizó la hidrografía, ya que a 200m en dirección Norte atraviesa el río Yanuncay, este fluye hacia el Este de la ciudad. Esta condición afecta en la temperatura del aire, ya que las masas de aire que provienen del Noreste se enfrían al tener contacto con el agua del río (Cordero, 2012)

La vegetación en el sector de implantación de la vivienda es escasa, debido a que la mayoría de terrenos

ya se encuentran contruidos, sim embargo la presencia de montañas, las mismas que están compuestas por bosques nativos, vegetación leñosa ya pasto, contribuye a la purificación del aire.

Otros factores ambientales a tener en cuenta, son el nivel de ruido presente en el lugar, que según el Centro de Estudios Ambientales (CEA) de la ciudad de Cuenca se encuentra alrededor de los 65 decibeles.

Según el CEA la calidad del aire en la ciudad se encuentra con niveles permisibles, es decir por debajo de los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) siendo estos de 60 y 40 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) respectivamente (Cordero, 2012).

### 2.7.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La vivienda está diseñada para una familia de cuatro miembros, y que según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2008, la composición familiar en la provincia de Azuay es de cuatro personas por hogar (Cordero, 2012).

La programación arquitectónica de la vivienda es la siguiente:

Zona social: sala, comedor y estar.

Zona de Servicios: cocina, lavandería, baño social, baño de padres, baño de hijos.

Zona de trabajo: estudio.

Zona de descanso: dormitorio de padres, dos dormitorios de hijos (ver figura 61).

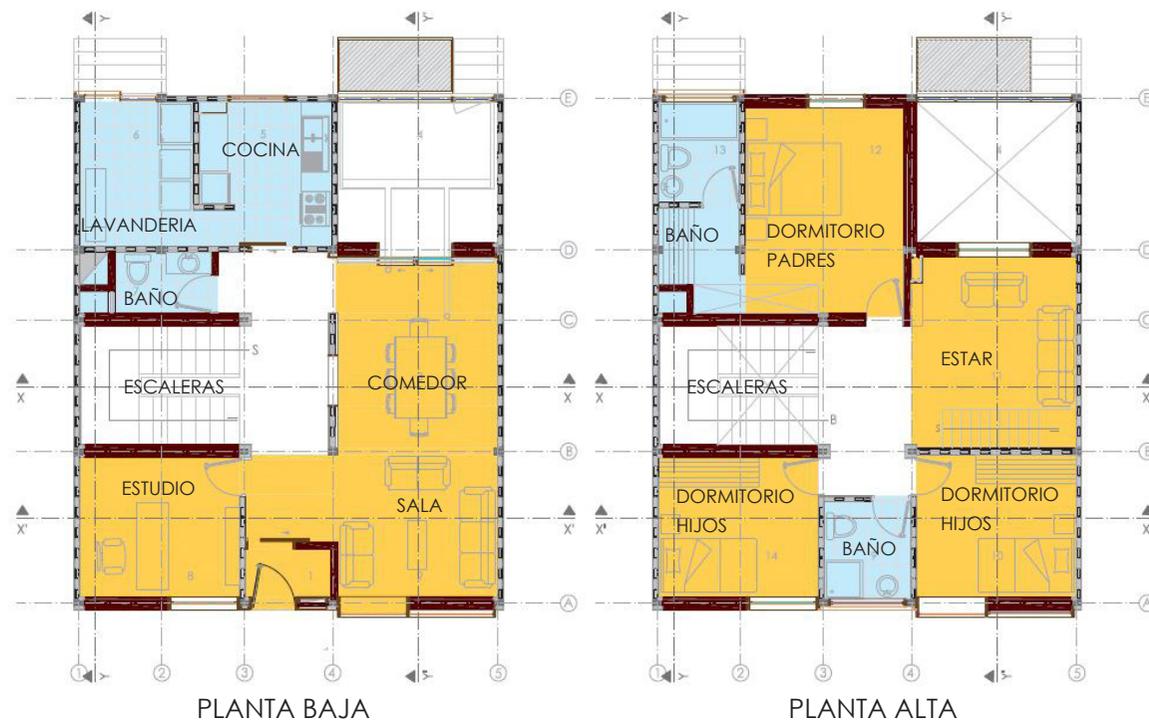


Fig. 61 Planta baja - Planta alta.  
FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

#### 2.7.2.4 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

De acuerdo al estudio de las condiciones del clima, se obtuvo una serie de criterios bioclimáticos que han sido aplicados en la propuesta de vivienda.

La propuesta de vivienda bioclimática ha sido diseñada considerando tres etapas: en la primera lo relacionado con el diseño solar pasivo, para alcanzar confort térmico y olfativo, en una segunda etapa el diseño solar activo como estrategias complementarias para calentamiento de agua sanitaria y generación de energía eléctrica; finalmente una tercera etapa en relación a otros factores ambientales dentro de los cuales se encuentran los estudios lumínicos y acústicos así como también el reciclaje de agua lluvia (Cordero, 2012).

A continuación se describen las estrategias utilizadas.

### 2.7.2.5 ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA

La ciudad de Cuenca se encuentra en la latitud  $2^{\circ}53'12''$  Sur, La mayor altura solar entre los solsticios se presenta el 21 de Diciembre (Solsticio de Verano) y la menor el 21 de Junio (Solsticio de invierno). Sin embargo es en los equinoccios de Marzo y Septiembre donde el sol alcanza las máximas alturas solares (Cordero, 2012).

Por esta razón la orientación de la vivienda tiene que ser Este-Oeste, para que cuente con soleamiento todo el año en sus dos fachadas frontal y posterior.

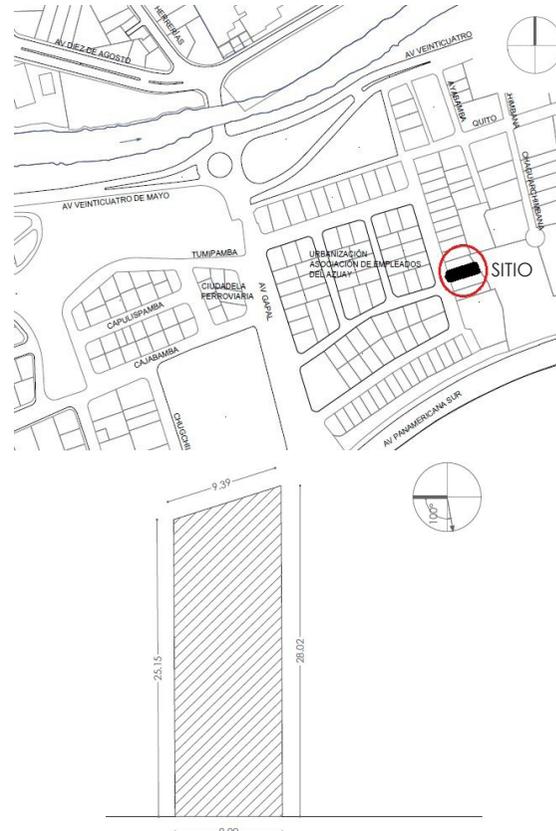


Fig. 62 Orientación.  
FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

### 2.7.2.6 INVERNADERO

En la vivienda se diseñó un invernadero adosado, el mismo se encuentra orientado al Este en la zona en donde recibe mayor soleamiento en los meses más fríos del año. Este invernadero es una combinación de sistemas de aportes directos e indirectos. Es importante indicar que dentro del invernadero se colocó una pared con alta inercia térmica para almacenar el calor que se produce por el mismo, también se colocaron aberturas en las paredes para el ingreso del calor por convección desde el invernadero al interior de la ambientes, utilizando el principio del muro trombe.

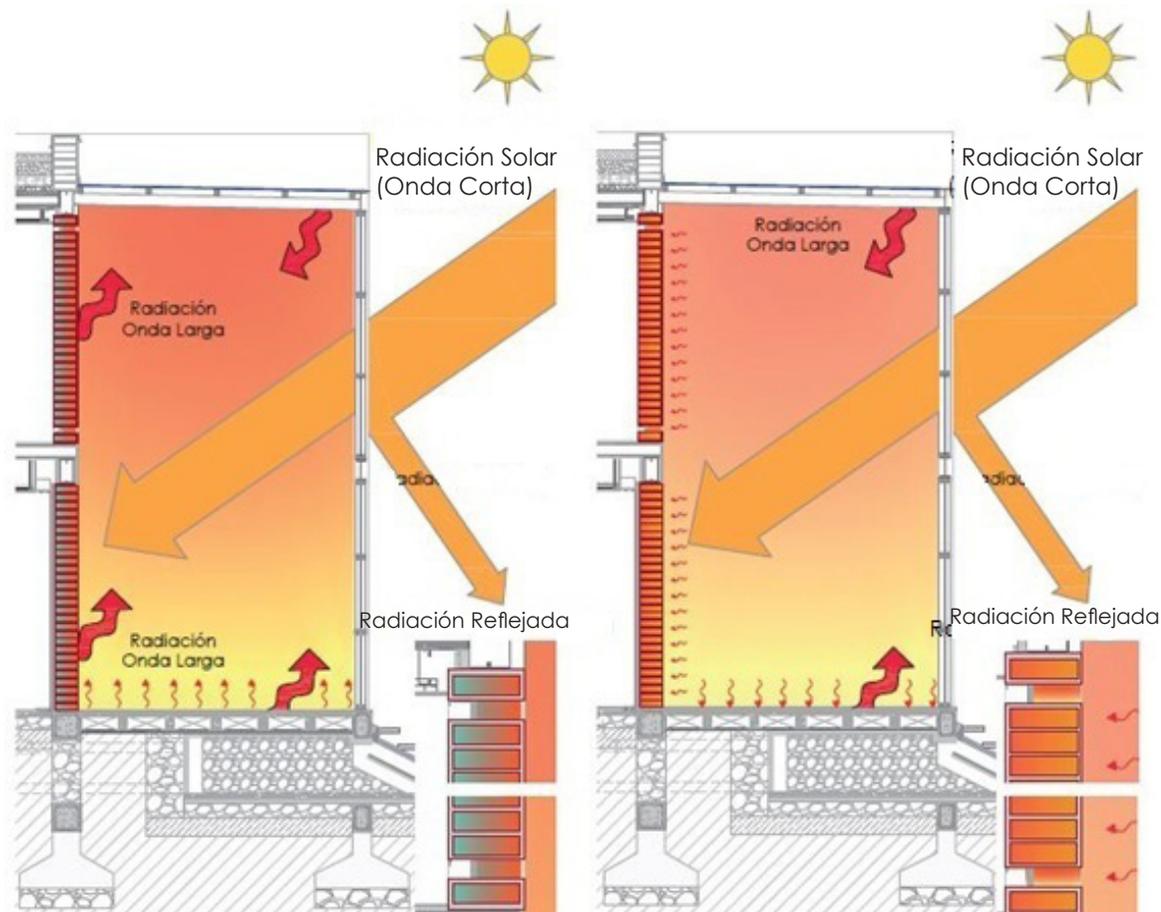


Fig. 63 Ganancias solares por ventanas.

FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

### 2.7.2.7 DISEÑO SOLAR PASIVO

Se cuenta con un diseño solar pasivo directo, es decir, la vivienda captará energía calorífica a través de sus ventanas.

Para la vivienda se ha utilizado esta estrategia ya que también cuenta con materiales al interior con gran inercia térmica, los mismos que acumularán el calor que atraviesa las ventanas de los diferentes ambientes.

La ganancia solar a través de los elementos vidriados se produce dada la transmitancia alta que presenta este material ante la radiación directa del sol,

Pero de igual manera así como gana calor lo puede perder con la misma rapidez, por esta razón se planteó la utilización de doble vidrio en las áreas destinadas a dormitorios, ya que son los que se ocupan en la noche, también

utilizar perfilaría de madera ya que este material ayuda a disminuir las pérdidas de calor . Por otro lado, en las zonas de servicio se utilizara vidrio simple ya que estas zonas no son utilizadas en la noche y no es necesario que permanezcan dentro de la zona de confort durante mucho tiempo.

Del mismo modo se propuso el uso de claraboyas en la parte central de la vivienda en la caja de gradas como elemento regulador de las temperaturas al interior (ver figura 64).

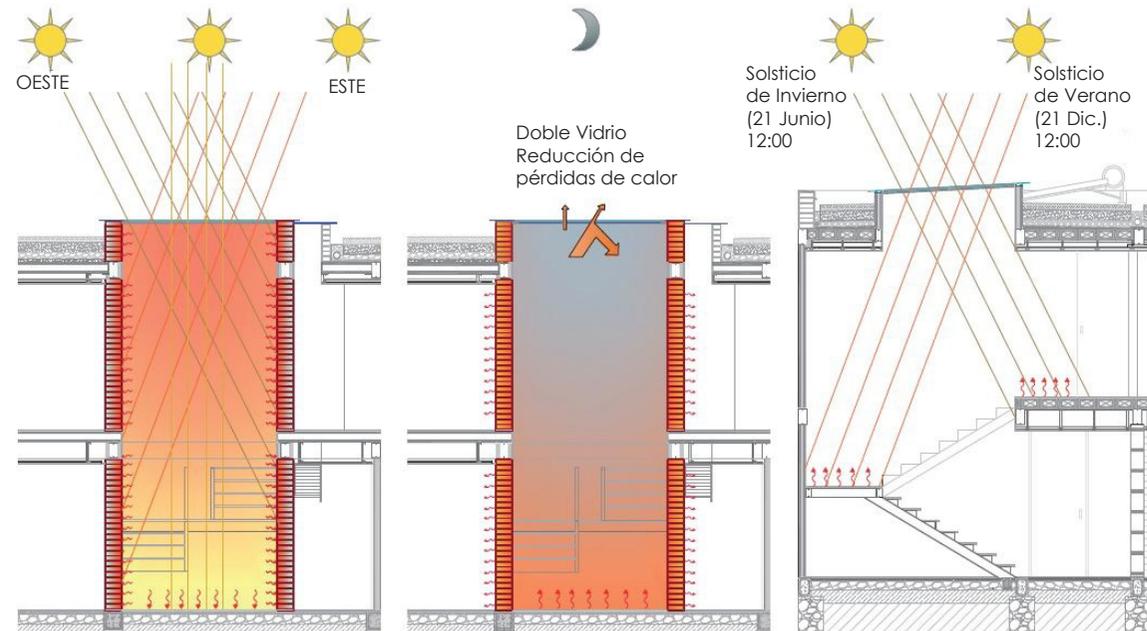


Fig. 64 Ganancias solares por claraboyas.  
FUENTE: Criterios Bioclimaticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

### 2.7.2.8 MASA TÉRMICA

Un aporte solar indirecto, es el que se produce cuando la radiación solar ingresa a la vivienda y se almacena en un material con alta masa térmica, este material acumula el calor y luego lo libera hacia los diferentes ambientes de la vivienda. Cuando la transmisión de calor se produce por medio de los materiales de alta masa térmica, esta se da por conducción y radiación, también se puede trasladar por medio de procesos convectivos mediante el intercambio de aire entre los espacios habitables.

En esta vivienda se ha planteado el uso de ladrillo macizo por tener una elevada masa térmica, el espesor que se utilizara es de 24 centímetros, que según algunos autores es el recomendado para esta Latitud,

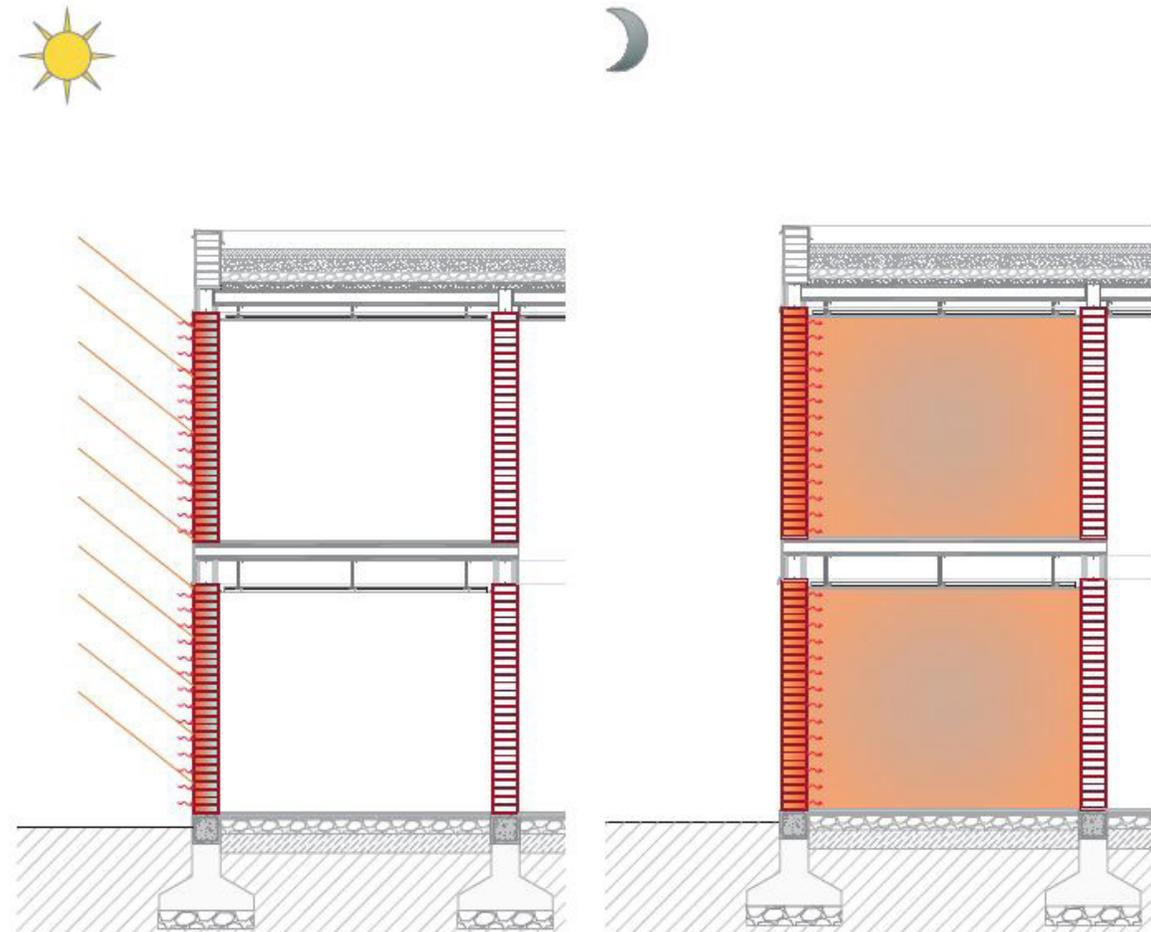


Fig. 65 Masa térmica.

FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

debido a que este ancho de ladrillo tiene un desfase térmico (tiempo que tarda la onda de calor en atravesar el ladrillo desde la cara exterior a la interior) de 6 a 8 horas.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la profundidad de un espacio que se pretende calentar por medio de una pared vertical cálida es de aproximadamente dos veces la altura de la pared (Cordero, 2012).

También, en la vivienda se utilizó un lecho de rocas bajo el invernadero (ver figura 66), este sistema consiste en colocar piedras de pequeño tamaño y conductos de entrada y salida de aire. Las rocas almacenan el calor proveniente de los captadores para luego esta energía ser ingresada al interior de la vivienda mediante los tubos de PVC.

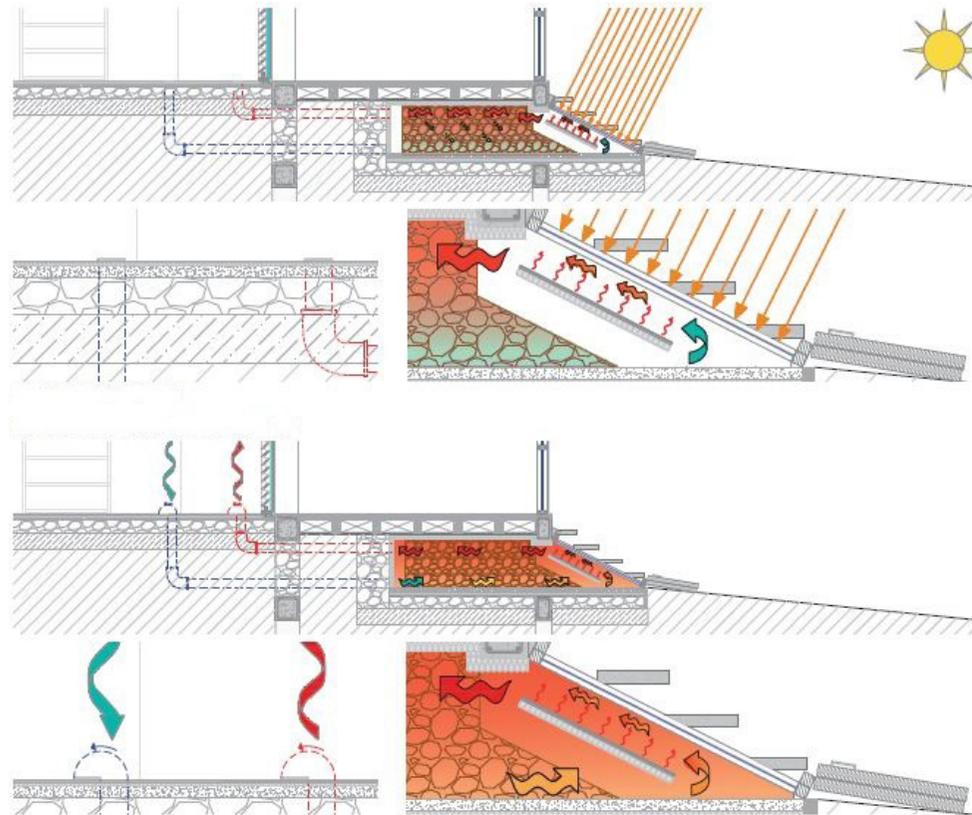


Fig. 66 Lecho de rocas.  
FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

### 2.7.2.9 AISLACIÓN

Dentro del intercambio de energía que se produce entre la vivienda y su entorno, sus elementos constructivos juegan un papel trascendental, de ahí la importancia de un diseño de aislamiento térmico, para que contribuya a disminuir las pérdidas de calor ganado al interior de la vivienda. En esta vivienda se procedió al aislamiento en paredes laterales es decir en las adosadas, debido a que estas no cuentan con ningún tipo de ganancias térmicas, sino podrían ser paredes que pierden el calor que se encuentra dentro de la vivienda.

El aislante elegido tenía que tener la característica de ser aislante térmico y también ser resistente a la

humedad, por esta razón se optó por el poliestireno expandido, además tiene la característica de no ser atacado por agentes atmosféricos.

De igual manera las puertas y ventanas se encuentran aisladas, la puerta es un elemento que por estar limitando con el ambiente exterior al momento de abrir la misma genera pérdidas de calor, por esta razón se considera un vestíbulo interior el que funcione como un espacio de transición entre el exterior y el interior de la casa, ayudando a no perder calor por el ingreso de aire frío.

Para evitar los puentes térmicos, los que se producen en las uniones constructivas, o en la discontinuidad del aislante, se utilizó el poliestireno expandido.

En la cubierta se optó por proponer

una cubierta ajardinada debido a que presenta muchas ventajas en cuanto a aislamiento térmico.

### 2.7.2.10 VENTILACIÓN

Las condiciones del viento tienen repercusiones directas e indirectas en las condiciones del ambiente térmico interior, esto debido a que el viento enfría las paredes y la vivienda pierde calor, de igual manera una forma directa de perder calor es por medio de las infiltraciones directas del viento al interior de la edificación.

Sin embargo, la ventilación es muy importante en la vivienda para la salud de sus ocupantes, la misma ayuda la circulación de aire, evita la creación de mohos por humedad entre otros.

### 2.7.2.11 MURO TROMBE

Este muro está formado por un muro de alta masa térmica, una cámara de aire y un vidrio por el cual atraviesa los rayos solares para almacenar esta energía en el muro.

Este muro fue ubicado en dos dormitorios, los mismos que están orientados hacia el Oeste, para almacenar la radiación solar de la tarde (ver figura 67).

### 2.7.2.12 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS ACTIVAS

La vivienda cuenta con un sistema de calentamiento de agua sanitaria a través un colector solar.

Del mismo modo se plantea mejorar la eficiencia de los equipos que se utilizan en una vivienda.

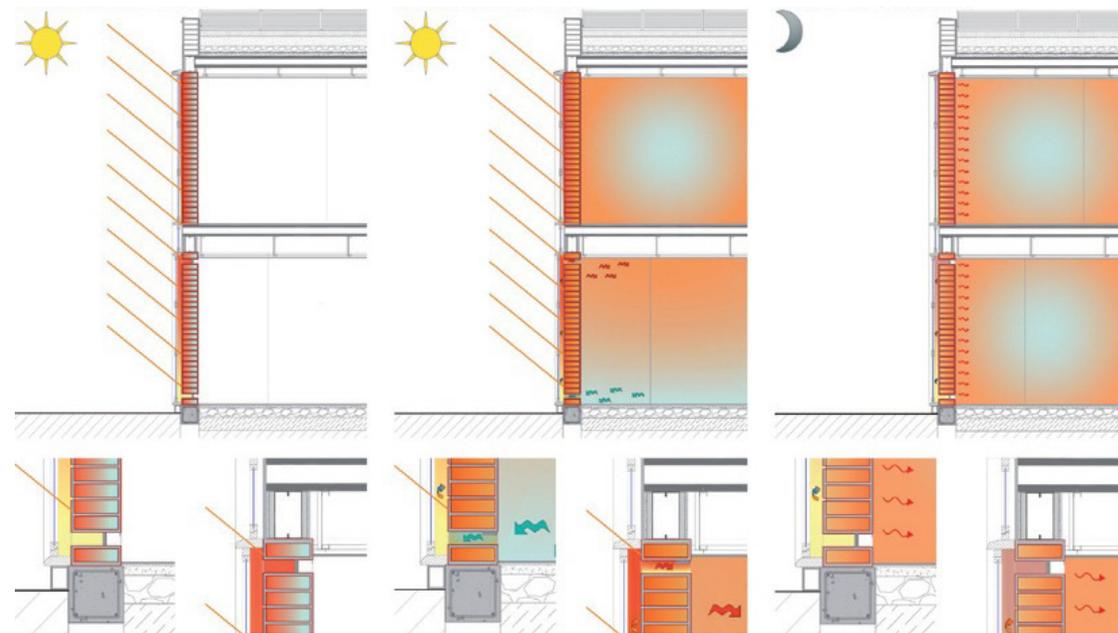


Fig. 67 Muro Trombe.

FUENTE: Criterios Bioclimáticos para el Diseño de Viviendas Unifamiliares en la Ciudad de Cuenca.

### 2.7.3 VIVIENDAS ECOLÓGICAS PARA LA PROVINCIA DEL AZUAY

Este trabajo presenta el diseño de una vivienda que aprovecha las condiciones ambientales, con bajos costos de inversión, y que permitiría ser una solución habitacional que garantice la calidad de vida de sus ocupantes.

La provincia del Azuay se encuentra ubicada en la Región sierra del Ecuador. Las coordenadas de la ciudad de Cuenca son 2°53'12" Sur y Longitud de 79.09'W, con una altura de 2500 m.s.n.m.

La vivienda cuenta con un área de 74 m<sup>2</sup>, la metodología ocupada para esta vivienda puede ser replicada

en otras latitudes que presenten las características climáticas del Azuay, teniendo en cuenta condiciones específicas del lugar tales como, la radiación solar, la ventilación y utilización de materiales propios del lugar (Duplat, 2014).

Como es sabido, en el diseño de viviendas bioclimáticas está integrada la eficiencia energética, por esta razón el proyecto incluye elementos que posibilitan bajar el consumo de energía, para tal fin, el aprovechamiento del sol, es de mucha importancia, y así, evitar el consumo eléctrico por iluminación o calefacción, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### 2.7.3.1 CLIMA

La provincia del Azuay, en donde está situada la ciudad la Cuenca, se encuentra ubicada en la zona montañosa sur de la cordillera de los Andes, tiene un clima Mesotérmico Semi-Húmedo. La temperatura media anual es entre (15°C - 16°C) (Duplat, 2014).

La humedad relativa es irregular, variando en los meses que se presenta mayor lluvia, su variación no es significativa (10%).

#### 2.7.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La vivienda es de 74,82 m<sup>2</sup>, se ubica en un terreno rectangular de 7,2 m de frente y 11,25m de fondo, tiene retiro

frontal y posterior.

Su distribución es la siguiente: en la planta baja cuenta con áreas verdes exteriores tanto al frente como en el retiro posterior de la casa, un garaje cubierto para un auto, sala, comedor y cocina en un ambiente, dos baños completos, dormitorio y estudio.

### 2.7.3.3 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

Dentro de estas estrategias se mencionaran las que se consideran son de mayor aporte para que la vivienda se mantenga dentro de los rangos de confort térmico.

### 2.7.3.4 ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA

Las fachadas principales están orientadas en sentido este-oeste, las

mismas que están dispuestas a de tal forma que se obtenga la mayor iluminación y ventilación natural posible, y como es imprescindible la radiación solar, esta orientación nos permite obtener la máxima radiación solar sobre sus fachadas.

### 2.7.3.5 INVERNADERO

En la caja de escaleras se diseñó un invernadero para ganar calor y almacenarlo en paredes y pisos, de esta manera estamos cumpliendo los principios básicos de la arquitectura bioclimática que son captación, y el almacenamiento, para posteriormente trasladarlo a las habitaciones (ver figura 68).

### 2.7.3.6 DISEÑO SOLAR PASIVO

Para este fin, el estudio del soleamiento fue de mucha importancia gracias a este, se determinó la ubicación de las ventanas y el tamaño de las mismas, para de esta manera tener ganancias solares al interior de la vivienda por medio de los acristalamientos.

### 2.7.3.7 MURO TROMBE

Se pensó en la incorporación de un muro trombe en las habitaciones en donde son espacios que por la noche se necesita que el ambiente interior sea confortable, por esta razón el muro trombe presta condiciones para almacenar calor durante el día y transmitirlo al interior de la habitación por medio de convección.



Fig. 68 Invernadero.  
FUENTE: Viviendas ecológicas para la provincia del Azuay.



Fig. 69 Muro Trombe.  
FUENTE: Viviendas ecológicas para la provincia del Azuay.

Este trabajo muestra el análisis previo para el diseño de una vivienda ecológica, adaptada a las condiciones climáticas del Azuay. Estando dentro de los rangos económicos para familias de clase media, siendo un aporte importante para la comunidad.

## CONCLUSIONES GENERALES

En este capítulo se aborda sobre el marco teórico en el que se hace mención a la eficiencia energética, factor importante y que está estrechamente relacionado con la construcción bioclimática, debido a que las estrategias bioclimáticas buscan dotar de confort a sus ocupantes, utilizando energía proveniente de la naturaleza de esta manera no consumir energías que provienen de fuentes no renovables, por lo tanto, está siendo eficiente y cumpliendo su objetivo, de utilizar la menor cantidad de recursos posibles.

El confort térmico debe ser entendido claramente, ya que es lo que se pretende brindar a las personas que

residen en una vivienda, y es el objetivo de esta tesis. Para ello los métodos de evaluación y las variables ambientales que intervienen dentro del análisis del confort, son aspectos muy importantes a tener presentes.

De la misma manera, tener presente que no se puede brindar confort a un 100% de los ocupantes de un recinto determinado, ya que depende de algunos factores, tales como psicológicos, edad, sexo, actividad, estado de ánimo entre otros, por esta razón se debe tratar de brindar confort a la mayor cantidad de personas posible.

La norma ecuatoriana sobre el confort térmico, por el momento no es una referencia importante para realizar

estudios de confort, debido a que aún falta por desarrollarse dicha norma.

La aislación es un factor importante dentro de la arquitectura que pretende brindar confort térmico a sus ocupantes, por esta razón se ha presentado una lista de materiales aislantes con sus respectivas propiedades y especialmente su valor U, y así determinar cuál es el más idóneo. De la misma manera los aislantes pueden evitar los aspectos negativos que se generan en la construcción cuando se producen puentes térmicos.

El análisis de casos similares tiene un enfoque importante, porque se conoce lo que se está haciendo en nuestro medio con respecto al tema de la arquitectura bioclimática.

Esta investigación logra determinar que las casas entregadas por el MIDUVI, no cumplen con las características de confort que se consideran óptimas en una vivienda, es decir, que su temperatura se encuentre entre los 18 y 26° C. Esto debido a varios factores que se han analizado en el desarrollo de la investigación, pudiendo concluir que las familias que obtienen estas viviendas, logran el objetivo de tener un techo para resguardarse, sin embargo estas familias no logran tener una vivienda digna como lo estipula la constitución.

La propuesta de diseño planteada en esta investigación logra que las viviendas entregadas por el MIDUVI puedan tener un mayor rango de confort, así lo determinan las

simulaciones energéticas realizadas en el programa Design Buidier.

Para lograr este objetivo se cambió la materialidad, técnicas constructivas, distribución interior de ambientes, orientación de la vivienda con respecto al sol y un análisis de las condiciones climáticas del sitio de estudio. Todos estos cambios han permitido que la vivienda pase a tener un mayor número de horas dentro del rango de confort.

# CAPÍTULO 3

### 3.1 SIMULACIONES ENERGÉTICAS

Esta investigación se basa en el análisis de simulaciones energéticas mediante el software Design Builder, el cual usa el motor de cálculo EnergyPlus, para evaluar el comportamiento térmico de diferentes materiales utilizados en la construcción de vivienda social que realiza el Ministerio de Vivienda a través del MIDUVI. La metodología consta de cinco etapas:

En la primera se determina la vivienda de referencia, utilizando los criterios de implantación y que la vivienda no haya sufrido cambios, para que las simulaciones sirvan de referencia para todas las viviendas entregadas por el MIDUVI.

En la segunda etapa se realiza el levantamiento de información, como materiales, dimensiones, encuestas

de actividad y confort térmico, datos climáticos, toda esta información posteriormente serán ingresados al programa Design Builder para realizar las simulaciones.

En una tercera etapa se procede a la obtención de datos climáticos de la ciudad de Cuenca, mediante información del INAMI y mediante el programa Meteonorm 7 el que nos ayuda a obtener datos horarios de un año de referencia.

En la etapa cuarta se procedió a ingresar información en el programa Design Builder mediante la creación de plantillas específicas para este estudio. Finalmente en la etapa cinco se comparan los resultados de las simulaciones energéticas entre el estado actual y la propuesta, así mismo, determinar cuál es la mejor

combinación de materiales entre los usados actualmente o los propuestos en esta investigación, para que la vivienda se encuentre dentro del rango de confort la mayor cantidad de horas al día.

#### 3.1.1 DETERMINACIÓN DE LA VIVIENDA DE ESTUDIO

La primera etapa corresponde a la determinación de la vivienda de estudio. Por lo tanto, los criterios para la elección de la vivienda fueron: implantación y estado actual de la vivienda en lo que respecta a su forma. El MIDUVI entrega viviendas de 6x6 m con un área de 36m<sup>2</sup> todas del mismo tipo en cuanto a forma y materialidad, por esta razón la vivienda escogida no debía tener modificaciones en su forma, es decir mantener su estado

original. De la misma manera su implantación tenía que ser aislada y no tener elementos naturales ni construidos cercanos a la misma, los que pudieran interferir con la dirección del viento o proyectaran sombras a la vivienda.

En el estudio de campo se determinaron 30 viviendas, la ubicación de las mismas fue proporcionada por el MIDUVI (ver figura 70). Se pudo constatar que las viviendas habían sufrido modificaciones con respecto al estado en que fueron entregadas, los usuarios incrementaron habitaciones o construyeron cubiertas (ver figura 71). Por este motivo fue elegida la casa número 10 de la lista proporcionada por el MIDUVI (ver figura 72).

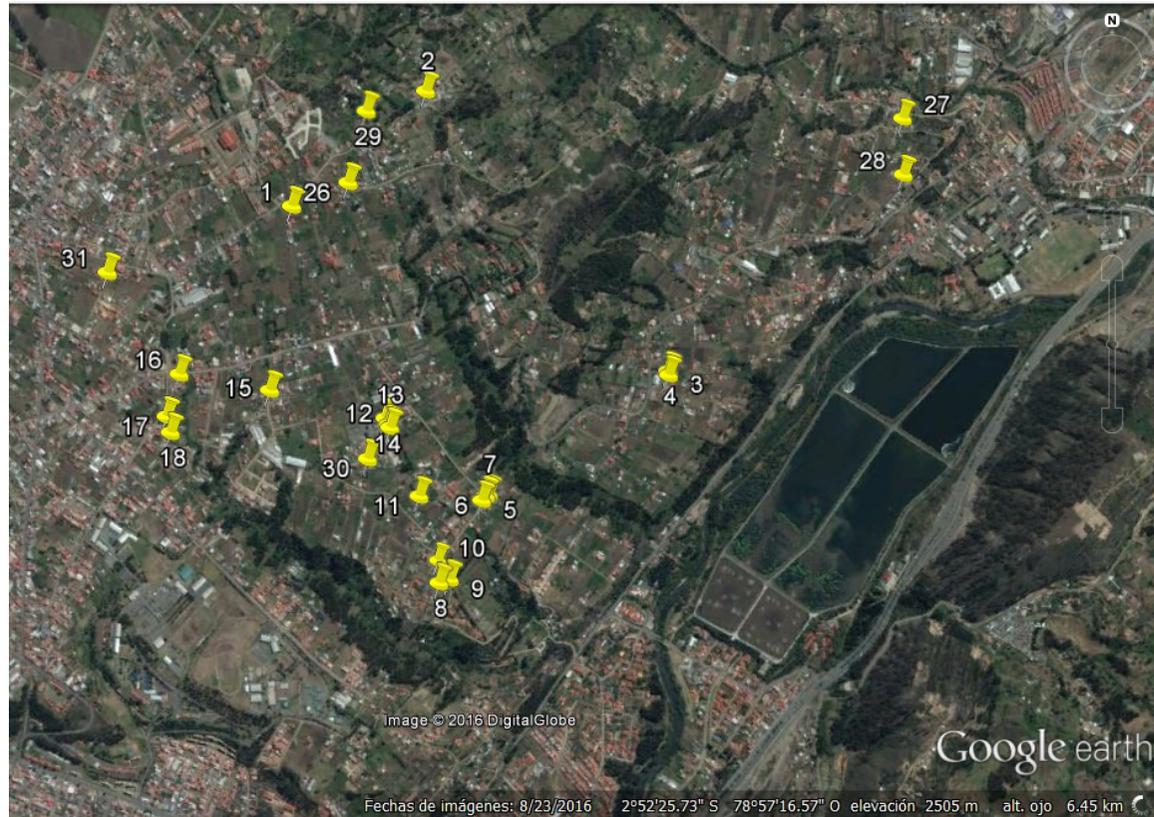


Fig. 70 Ubicación de viviendas en Ricaurte, entregadas por el MIDUVI.  
FUENTE: Google earth.



Fig. 71 Vivienda entregada por el MIDUVI, con modificaciones.  
FUENTE: Autoría propia.



Fig. 72 Vivienda entregadas por el MIDUVI.  
FUENTE: Autoría propia.

### 3.1.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.

Los datos que se recopilaron para este estudio se obtuvieron de una investigación de campo, además de la revisión del estado del arte para determinar datos necesarios para realizarsimulaciones. Delainvestigación de campo se determinó el caso base, es decir la vivienda que se tomaría de referencia para este estudio, la misma que se explicó a detalle en el apartado anterior (3.1.1 Determinación de la vivienda de estudio). Por otro lado, de la revisión bibliográfica se determinaron las condicionantes climáticas que se deben tener en cuenta, las mismas que influyen en el confort térmico de la vivienda, también se encontraron las estrategias bioclimáticas que

funcionarían mejor en esta latitud, estas estrategias se explicaran a detalle más adelante en el capítulo 4, en la propuesta de vivienda bioclimática. El primer dato que se tomo es la ubicación con respecto a la ciudad de Cuenca y orientación de la vivienda, el punto amarillo nos indica la ubicación de la vivienda en la parroquia Ricaurte (ver figura 73). La fachada principal de la vivienda se encuentra orientada hacia el Noroeste (ver figura 75).



Fig. 73 Vivienda seleccionada en Ricaurte.  
FUENTE: Google earth.



Fig. 74 Vivienda seleccionada en Ricaurte.  
FUENTE: Google earth.

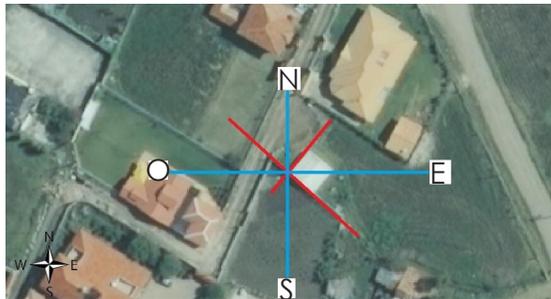


Fig. 75 Vivienda seleccionada en Ricaurte (Orientación).  
FUENTE: Google earth.

De igual manera se recogieron datos que corresponden a dimensiones de la vivienda (ver figura 76).

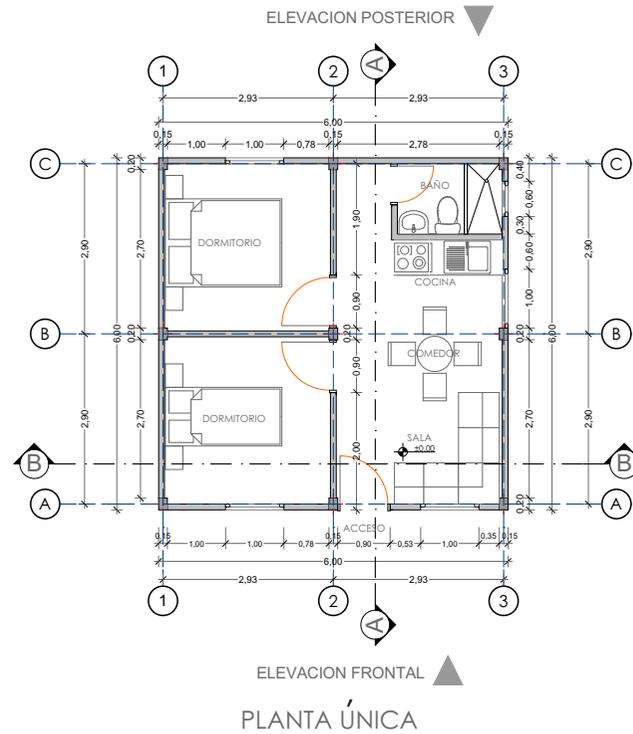
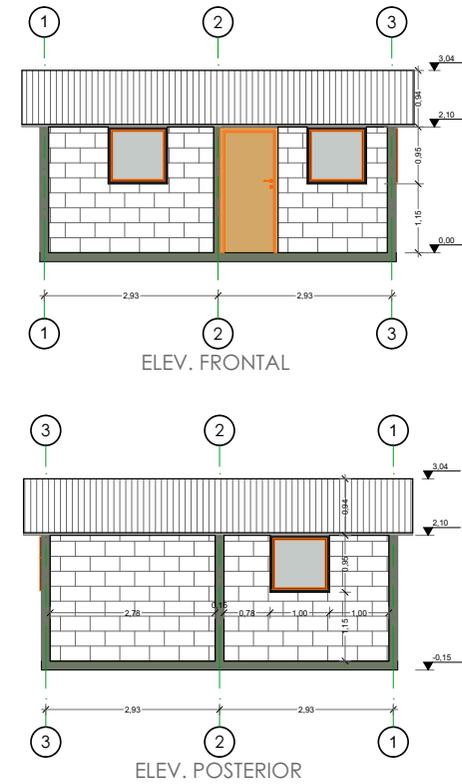


Fig. 76 Planos vivienda, estado actual.  
FUENTE: Elaboración propia.



También se recolectó información sobre los materiales de construcción, específicamente de los que serán ingresados al programa para la simulación (ver tabla 7).

De igual manera se obtuvieron datos sobre la ocupación de las personas en la vivienda, equipos eléctricos, iluminación y arropamiento de las personas.

Estos datos sirvieron más adelante para ingresar al programa Design Builder-EnergyPlus para realizar las simulaciones. A continuación se muestra la ficha que se utilizó en el estudio de campo, en donde constan datos generales y los datos necesarios para la simulación (ver tabla 8).

FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN (MATERIALIDAD)			
DESCRIPCIÓN	MATERIAL	OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
Cubierta	Fibrocemento	Cubierta a dos aguas, P=25%	
Paredes	Bloque 12 cm	Sin Revestimiento Paredes Interiores como Exteriores	
Piso	Cemento		
Puertas	Madera	4 Puertas	
Ventanas	Vidrio	Vidrio 3mm, Marcos de Hierro , 4 Ventanas en Total	

Tabla 7: Materiales de construcción en la vivienda entregadas por el MIDUVI.  
FUENTE: Autoría propia.

DATOS DE OCUPACIÓN Y EQUIPOS ELÉCTRICOS			
EMPLAZAMIENTO	CIUDAD	PARROQUIA	UBICACIÓN
	CUENCA	RICAUORTE	
AMBIENTES	HABITACIONES	BAÑO COMPLETO	COCINA-SALA-COMEDOR
	2	1	1
AREAS	HABITACIONES	BAÑO COMPLETO	COCINA-SALA-COMEDOR
	16,28 m2	2,16 m2	12,82 m2
ESTADO DE LA VIVIENDA	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	REFORMAS	ESTADO GENERAL
	2010	NO	REGULAR
OCUPACIÓN	1.- ¿Cuántas horas diarias permanece en la vivienda?		
	MAMA	23 H	
	PAPA	16 H	
	HIJO 1	17 H	
	HIJO2	17 H	
ILUMINACIÓN	2.- ¿Cuántas focos tiene en su casa?		
	5 Focos C/U de 20w		
EQUIPOS ELÉCTRICOS	3.- ¿Tiene equipos eléctricos?		
	SI		
	REFRIGERADORA	1	
	LICUADORA	1	
	TV	2	

Tabla 8: Ficha para levantamiento de información, estudio de campo.  
FUENTE: Autoría propia.

### 3.1.3 OBTENCIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS DEL SITIO

El primer parámetro indispensable es el clima y por ende la ubicación, siendo este último dato indispensable para la creación del fichero climático a partir del programa Meteonorm 7, del cual se obtendrá los datos climáticos del sitio de estudio (ver figura 77).

Información General

Nombre

Tipo

Coordenadas     
°N Lat    °E Log

Altitud  m.a.s.l

Huso horario(timezone)  UTC

Referencia de tiempo  UTC

Situación



Fig. 77 Ubicación vivienda (latitud, longitud).  
FUENTE: Meteonorm 7.

El sitio de estudio es la parroquia Ricaurte de la ciudad de Cuenca en la provincia del Azuay, ubicada a 2°52'27.68" Sur y 78°57'14.71" Oeste a una altitud de 2502 msnm. Hay que indicar que se optó por obtener datos del programa Meteonom 7 debido a la falta de datos climáticos del sitio de estudio.

Se obtuvieron datos meteorológicos proporcionados por la Dirección Civil de Aviación, que cuenta con una estación meteorológica en el aeropuerto Mariscal Sucre de Cuenca, sin embargo, los mismos no eran suficientes para crear el archivo de clima para realizar las simulaciones.

El archivo de clima proporcionado por el programa Meteonom 7 es un archivo con datos horarios de un año

típico. A continuación se muestran los resultados del fichero climático como: Radiación, Temperatura, Precipitación, Duración de la insolación, Radiación global diaria, Temperatura diaria.

**Casa\_Miduvi\_Design\_Builder**

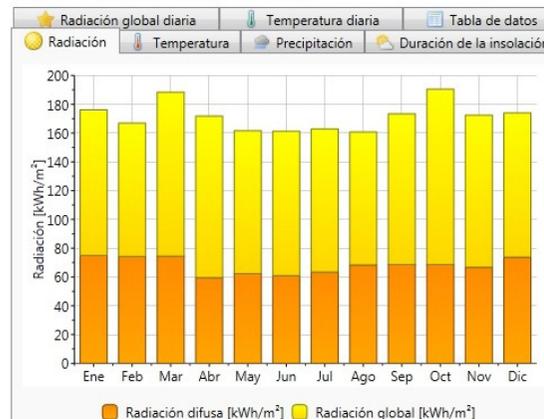


Fig. 78 Radiación Solar.  
FUENTE: Meteonom 7.

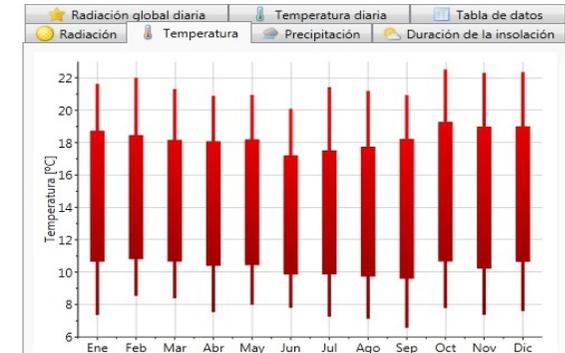


Fig. 79 Temperatura.  
FUENTE: Meteonom 7.

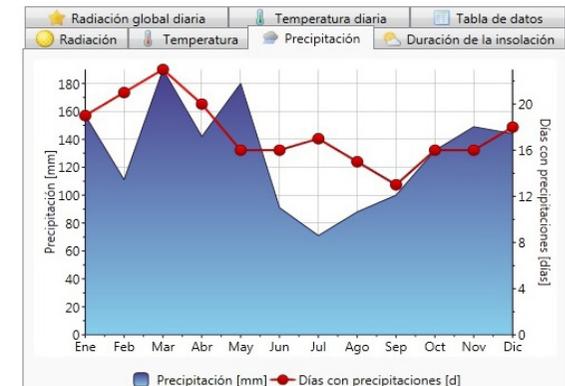


Fig. 80 Precipitación.  
FUENTE: Meteonom 7.

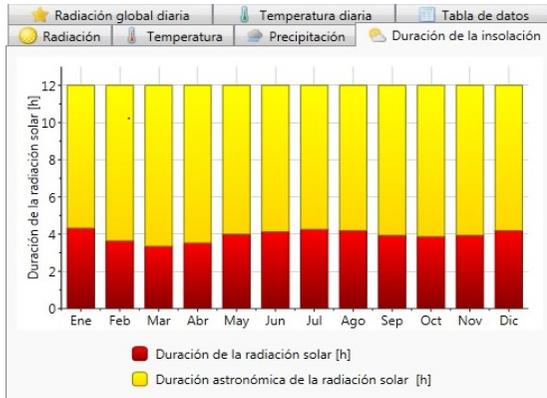


Fig. 81 Duración de la insulación.  
FUENTE: Meteonorm 7.

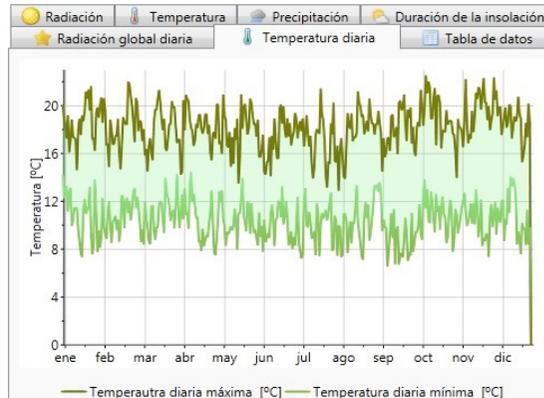


Fig. 83 Temperatura diaria.  
FUENTE: Meteonorm 7.

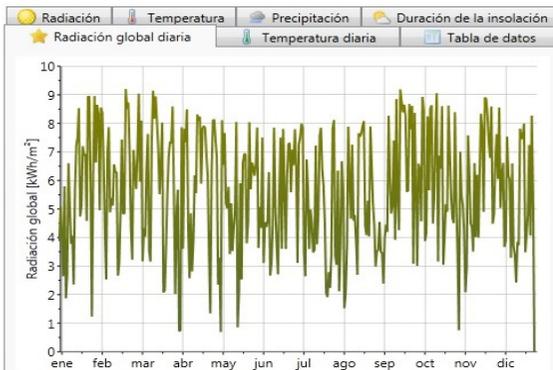


Fig. 82 Radiación global diaria.  
FUENTE: Meteonorm 7.

### 3.1.4 SIMULACIONES ENERGÉTICAS

Se realizaron simulaciones para determinar el comportamiento térmico de la casa. En cada simulación se cambia los materiales para determinar pérdidas y ganancias térmicas por medio de la envolvente, teniendo en cuenta factores climáticos y de ocupación, manteniendo la orientación original de la vivienda.

En la propuesta se determina cual orientación es la más apropiada para tener mayor cantidad de ganancias de calor por soleamiento. En la primera simulación del estado actual, se obtiene la temperatura operativa interna para determinar cuántas horas al día la vivienda se encuentra dentro del rango de confort. En las siguientes simulaciones se cambia los materiales para observar el comportamiento térmico de la vivienda, al realizar este cambio se mejora las características térmicas de los materiales, y de esta manera determinar que combinación es la mejor para tener confort térmico.

La vivienda es de 36 m<sup>2</sup> en una planta, situada en la ciudad de Cuenca en la parroquia Ricaurte, la misma tiene

dos habitaciones, cada habitación tiene un área de 8,14 m<sup>2</sup>, también cuenta con un ambiente destinada para sala, cocina y comedor con un área de 12,82 m<sup>2</sup> y por ultimo un baño completo de 2,16 m<sup>2</sup>. Su cubierta es de dos aguas, y tiene ventanas una en cada habitación de 0.95m<sup>2</sup>, de igual manera en la sala, cocina y comedor tiene dos ventanas cada una de 0.95m<sup>2</sup> (Ver figura 76, estado actual). Para realizar las simulaciones se introducen los datos obtenidos en la visita de campo, además datos proporcionados por el INER como: calor específico, densidad y conductividad, los mismos que determinan las características térmicas de los materiales (ver tabla 10). La primera simulación se realiza a la vivienda en su estado original (Ver

figura 85), es decir con los mismos materiales y la misma orientación de 45° con respecto al norte (Ver figura 75). La vivienda se dividió en cuatro ambientes los mismos que detallaremos a continuación: Dormitorio Padres, Dormitorio niños, Sala\_Cocina\_Comedor y Baño.

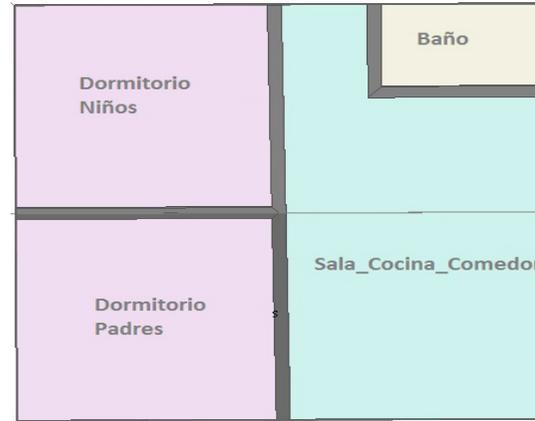


Fig. 84 Modelado, primera simulación.  
FUENTE: Autoría propia.

Todos la información fue ingresada al software por medio de plantillas de actividad, cerramientos, aberturas e iluminación (Beltrán, 2015). Cada uno de estos ambientes tiene su propia plantilla de actividad en la que constan algunos parámetros como: densidad, condiciones metabólicas, vestimenta, programación o el tiempo estimado que se permanece en un ambiente determinado, también se ingresan datos del total de ganancias térmicas las que pueden provenir de la iluminación o de equipos eléctricos. La densidad se calcula el número de personas que estén en un determinado ambiente y el área del mismo ambiente, en cuanto al metabolismo el programa indica tres opciones para niños = 0.75, mujeres = 0.80, hombres = 1.00 sin embargo se puede realizar un análisis

del metabolismo según la actividad que se desempeñe guiándose en la tabla proporcionada por la Ashrae 55 (ver tabla 1). En lo que tiene que ver con el arropamiento, Design Builder considera en invierno un arropamiento de 1.00 clo, y para verano 0,50 clo. También existe la posibilidad de realizar un análisis minucioso sobre el arropamiento guiándose en las tablas proporcionada por la Ashrae 55 (Ver tabla 2), el programa permite ingresar datos diferentes a los que trae predefinidos. En este estudio se utilizan los valores que el programa trae por defecto tanto en el metabolismo como en el arropamiento.

En las ganancias térmicas por iluminación se considera el número de focos y la potencia que tenga cada uno,

y se divide para el área del ambiente, obteniendo las ganancias térmicas por iluminación. En cuanto a los equipos eléctricos para este estudio se utiliza los valores que trae por defecto la plantilla de actividad, la misma que considera valores promedios de una vivienda.

Se debe indicar que es posible obtener todas las ganancias que los equipos eléctricos generan, mediante una tabla que proporciona la norma CIBSE, esta norma indica las ganancias térmicas según el electrodoméstico y la potencia del mismo. Por otro lado, en la plantilla de cerramientos se utiliza una general para toda la vivienda, ya que las condiciones de este estudio así lo ameritan, en la primera simulación se utilizan los siguientes materiales (ver tabla 9).

MATERIAL ESTADO ACTUAL	
MATERIAL	ESTADO ORIGINAL
Cubierta	Fibro cemento
Paredes	Bloque
Piso	Cemento
Puerta	Madera
Ventanas	Vidrio 3mm

Tabla 9: Materiales, estado actual. FUENTE: Autoría propia.

En esta plantilla de cerramiento se introduce información sobre los muros exteriores e interiores que corresponde a paredes perimetrales y divisiones interiores de la vivienda que en este caso son de bloque, en la cubierta se introduce información en la opción de cubiertas inclinadas la misma que es de fibrocemento, de igual manera en el piso se utiliza la opción suelo sobre terreno en este caso es de cemento, también se considera dentro de la plantilla las puertas exteriores

como interiores, y por último en esta plantilla de cerramiento también se considera la estanqueidad del aire, el programa nos permite elegir entre cinco niveles de estanqueidad como son: muy pobre, pobre, medio, bueno, excelente, en este caso se considera que la estanquidad es muy pobre, esto se determinó en la visita de campo (ver figura 85).



Fig. 85 Estanqueidad en puertas y ventanas.  
FUENTE: Autoría propia.

En la plantilla de aberturas se considera el acristalamiento, para la primera simulación se considera un vidrio simple de 4mm, el que se constató en el estudio de campo. De esta primera simulación se determinó la temperatura operativa de la vivienda, para posteriormente comparar con las siguientes simulaciones con diferentes materiales.

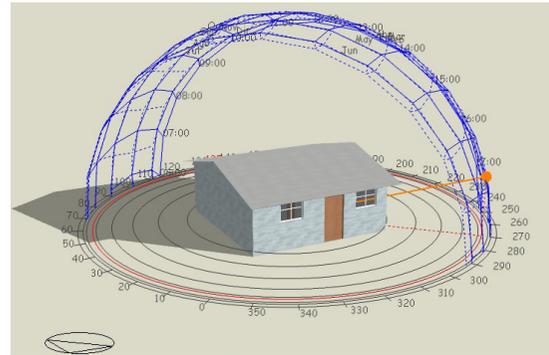


Fig. 86 Modelado, primera simulación.  
FUENTE: Autoría propia.

En la segunda simulación se realizó el cambio de materiales, considerando sus características térmicas, para de esta manera mejorar la temperatura operativa interior, los cambios se pueden apreciar en la tabla 10.

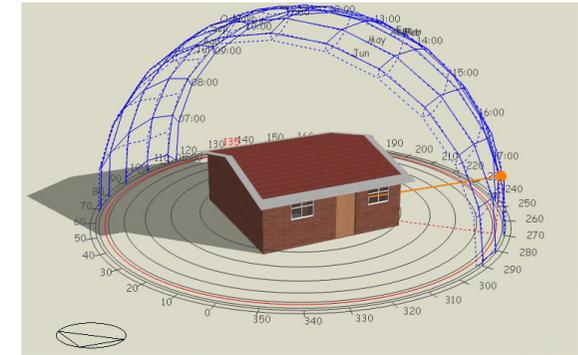


Fig. 87 Modelado, segunda simulación.  
FUENTE: Autoría propia.

CAMBIO DE MATERIALES (SIMULACIONES)		
MATERIAL	ESTADO ORIGINAL	PROPUESTA 1
Cubierta	Fibrocemento	Teja de Arcilla
Paredes	Bloque	Ladrillo de 20 cm
Piso	Cemento	Cemento
Puerta	Madera	Madera
Ventanas	Vidrio 3mm	Vidrio 6mm

Tabla 10: Materiales, segunda simulación.

FUENTE: Autoría propia.

En la tercera simulación se realizó el cambio únicamente en las paredes, se cambió el ladrillo por el adobe (ver tabla 11).

CAMBIO DE MATERIALES (SIMULACIONES)		
MATERIAL	ESTADO ORIGINAL	PROPUESTA 2
Cubierta	Fibrocemento	Teja de Arcilla
Paredes	Bloque	Adobe 30 cm
Piso	Cemento	Cemento
Puerta	Madera	Madera
Ventanas	Vidrio 3mm	Vidrio 6mm

Tabla 11: Materiales, tercera simulación.

FUENTE: Autoría propia.

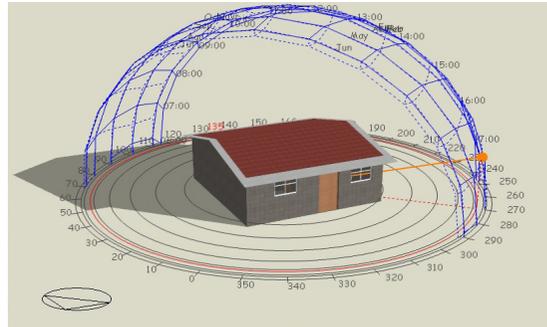


Fig. 88 Modelado, tercera simulación.

FUENTE: Autoría propia.

Existen gran cantidad de materiales con los que se pueden realizar varias combinaciones y determinar el confort térmico, sin embargo, en este estudio se escoge los materiales más utilizados en las viviendas en Ricaurte, además de ser los materiales que presentan mejores características térmicas (ver tabla 12),

PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS PARA LAS SIMULACIONES			
MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/mK)	CALOR ESPECIFICO (J/Kg.K)	DENSIDAD (Kg/m³)
Adobe	0,76	885	1440
Ladrillo Macizo	0,8	840	1700
Bloque Concreto	0,62	900	1500
Teja de Arcilla	1	800	2000
Fibrocemento	0,93	1200	1700
Hormigón	1,46	1000	2100
Piedra	3,5	860	2815
Madera Dura	0,18	1700	710

Tabla 12: Materiales utilizados en la construcción en Ricaurte.

FUENTE: Autoría propia.

### 3.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados logrados en las diferentes etapas de la metodología se indican en este capítulo. De la etapa de recolección de datos y definición de parámetros se obtuvieron resultados, los mismos que sirvieron de datos de entrada para la simulación energética. En la etapa de obtención de datos, se hizo una consulta bibliográfica y una investigación de campo. De la investigación de bibliografía se establecieron las estrategias bioclimáticas más adecuadas para ganar calor y tener confort térmico por un mayor número de horas diarias son: una adecuada orientación de la vivienda, almacenamiento de calor por medio de masa térmica, ganancias solares por medio de acristalamientos, control de las infiltraciones en la vivienda. En lo que respecta a la

investigación de campo, esta fue realizada en una vivienda entregada por el MIDUVI en la parroquia Ricaurte. En la investigación de campo se realizó una encuesta y un levantamiento de datos, constatando los datos proporcionados por el MIDUVI, el levantamiento de esta información se realizó el 3 de Junio de 2016. La encuesta fue realizada a los dueños de la vivienda, de la cual se obtuvieron parámetros de actividad y horas de ocupación (ver tabla 13), datos indispensables para simulación. Por otro lado, del levantamiento de datos se obtuvieron cargas térmicas por iluminación, los equipos eléctricos no se registraron, por lo tanto se utilizaran los que vienen predeterminados en la plantilla de ocupación, la misma que es una estimación para una vivienda,

y por ultimo, materiales utilizados en la envolvente de la vivienda (ver tabla 12).

HORARIOS DE OCUPACIÓN	
Lunes a Viernes	
00:00 - 07:00	= 1.00
07:00 - 08:00	= 0.50
08:00 - 14:00	= 0.25
14:00 - 17:00	= 0.75
17:00 - 24:00	= 1.00

Tabla 13: Horas de ocupación.  
FUENTE: Autoría propia.

De la información obtenida, se definió la vivienda de estudio, luego se determinaron las mejores estrategias bioclimáticas para lograr el confort térmico en las viviendas. Se continúa con la simulación energética de la vivienda en su estado original, para determinar que materiales son los

más indicados, teniendo presente características como la conductividad, calor específico, y densidad, en base a estas características podemos hacer una elección correcta de los materiales para la construcción. La vivienda analizada en Ricaurte no tiene buenas condiciones térmicas según la primera simulación realizada, esta presenta pocas horas de confort térmico de 8:30 am hasta las 12:00 pm y de 18:00 pm hasta las 23:00 horas teniendo un total de 9 horas 30 minutos y en cuanto a desconfort por frío tiene 8 horas y 30 minutos que está por debajo de los 18°C y de la misma manera por encima de los 26°C tiene 6 horas (ver gráfico 1). Estos resultados se dan por que las paredes de la vivienda son de bloque, este material tiende a ganar calor con mucha facilidad, pero de la

misma manera lo devuelve al ambiente con la misma rapidez que lo gana, lo mismo sucede con el fibrocemento, también se debe considerar que las ventanas al ser de vidrio simple también se está perdiendo calor hacia el ambiente exterior. Y por último un factor muy importante son las infiltraciones

de aire que se producen por la puerta y ventanas, lo cual se constató en el estudio de campo realizado en el inicio de la presente investigación.

### TEMPERATURA OPERATIVA

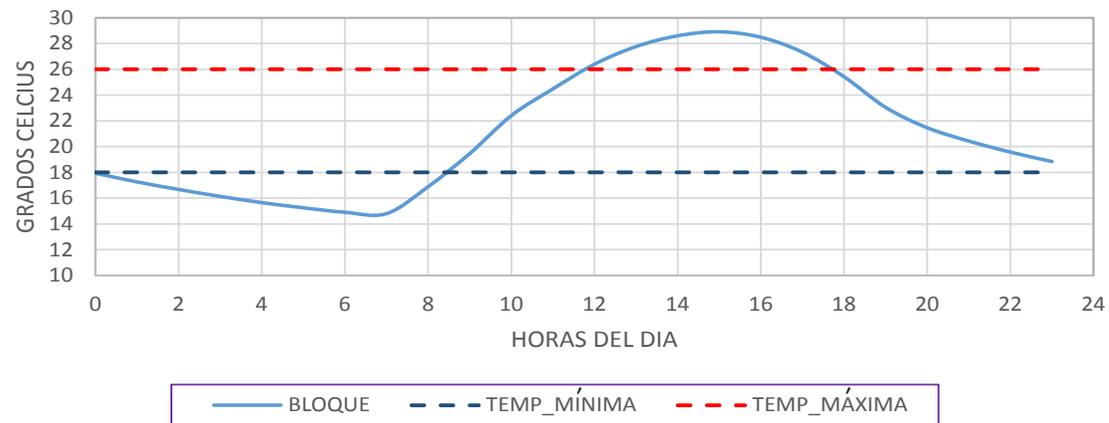


Gráfico 1. Temperatura operativa, Primera simulación.  
FUENTE: Autoría propia.

En la segunda simulación se cambió en las paredes, el bloque por ladrillo y en la cubierta sobre el fibrocemento se le agregó teja de arcilla además, en la simulación se consideró las infiltraciones nulas, mejorando el aislamiento. En este gráfico, se observa que las horas de confort mejoran en relación a la primera simulación, la temperatura se encuentra entre los 18°C y los 26°C desde las 8:00 am hasta las 2am teniendo 18 horas de confort, y teniendo 6 horas de disconfort desde las 2:00 am de la madrugada hasta 8 am de la mañana (ver gráfico 2). Ésta mejora, en la cantidad de horas de confort, se debe a que se están utilizando materiales con buenas características térmicas como son: un elevado calor específico, una elevada densidad y una conductividad intermedia.

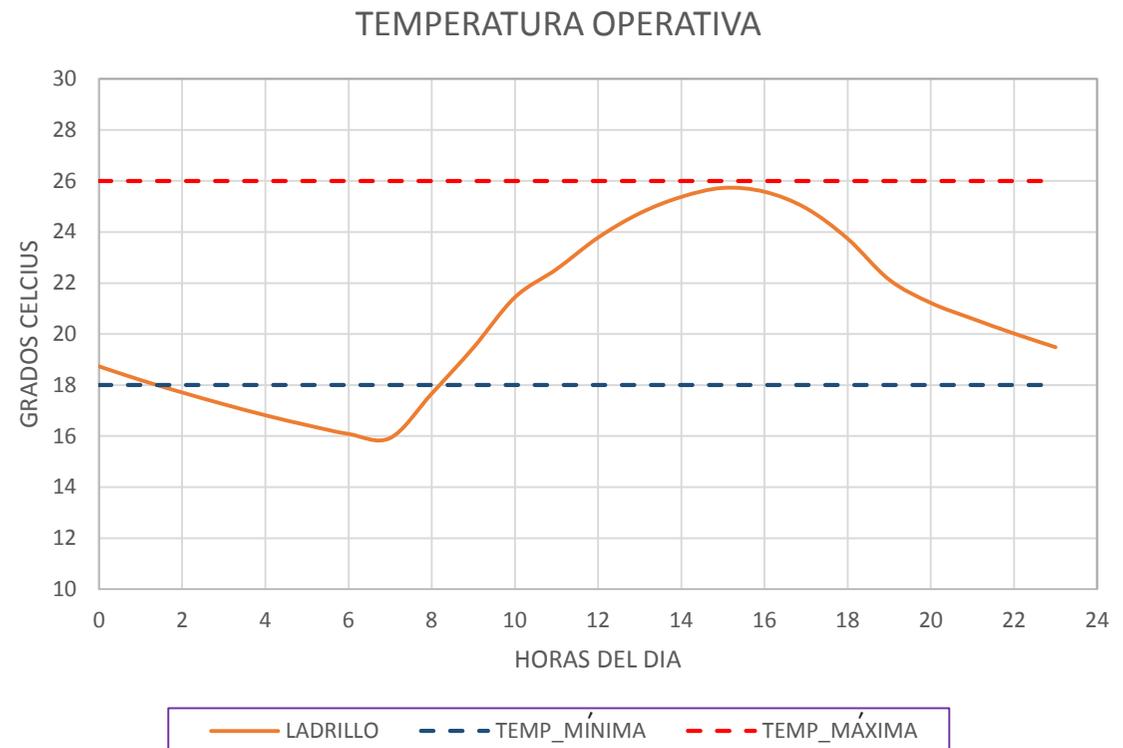


Gráfico 2. Temperatura operativa, Segunda simulación.  
FUENTE: Autoría propia.

En una tercera simulación se cambió en las paredes el ladrillo por el adobe con un grosor de 0.30 cm, siendo este un material muy bueno por contener gran inercia térmica, factor importante para mantener las ganancias de calor al interior de la vivienda. Mientras tanto en la cubierta no se realizan cambios, se sigue manteniendo la teja de arcilla, pues ya se comprobó que es un material con buenas características térmicas.

Del mismo modo que en la segunda simulación las infiltraciones en puertas y ventanas se consideran casi nulas.

Este gráfico indica que existe 20 horas de confort, mejorando en gran medida con relación a las dos anteriores simulaciones.

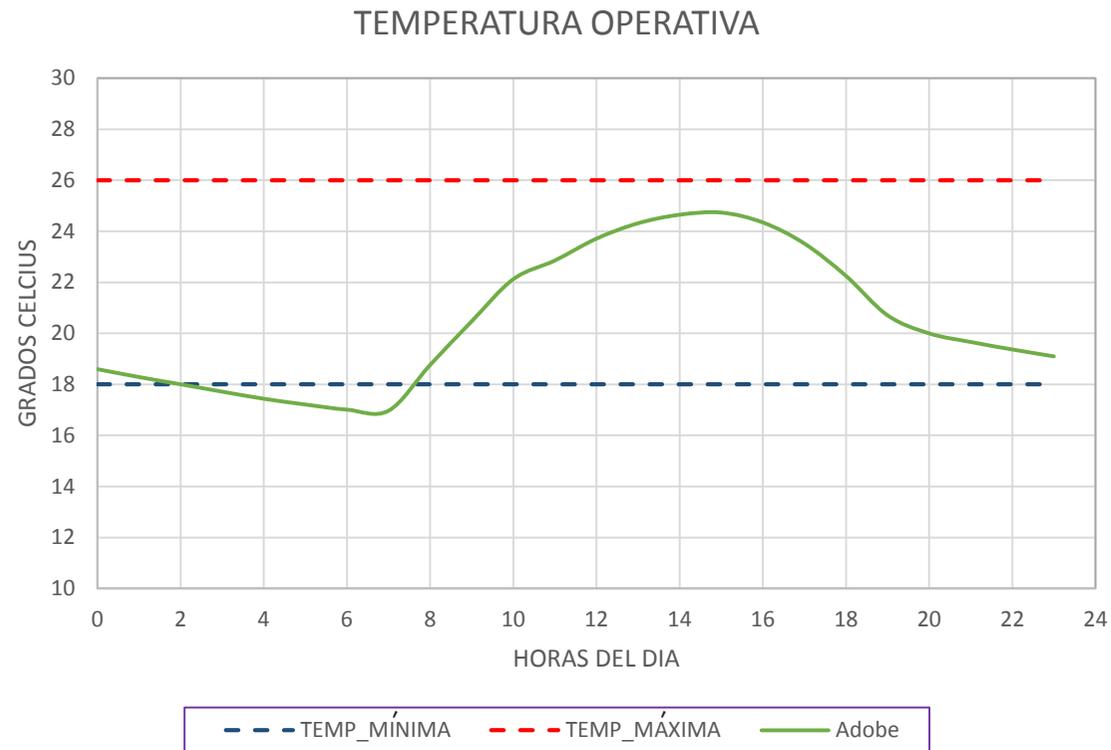


Gráfico 3. Temperatura operativa, Tercera simulación.  
FUENTE: Autoría propia.

Para analizar de mejor manera se indicara en una sola gráfica las tres simulaciones, pudiendo apreciarse la cantidad de horas que la vivienda se encuentra dentro el rango de confort.

Se puede apreciar que el adobe es el material que brinda las mejores características térmicas, sobre el bloque y el ladrillo, este material permite que la vivienda este dentro del rango de confort un mayor número de horas al día. Sin embargo este material es muy poco preferido por la ciudadanía en la construcción de viviendas, es por esta razón que para la propuesta de la vivienda se optara por el ladrillo, material con buenas características térmicas muy utilizado en la ciudad de Cuenca y en Ricaurte.

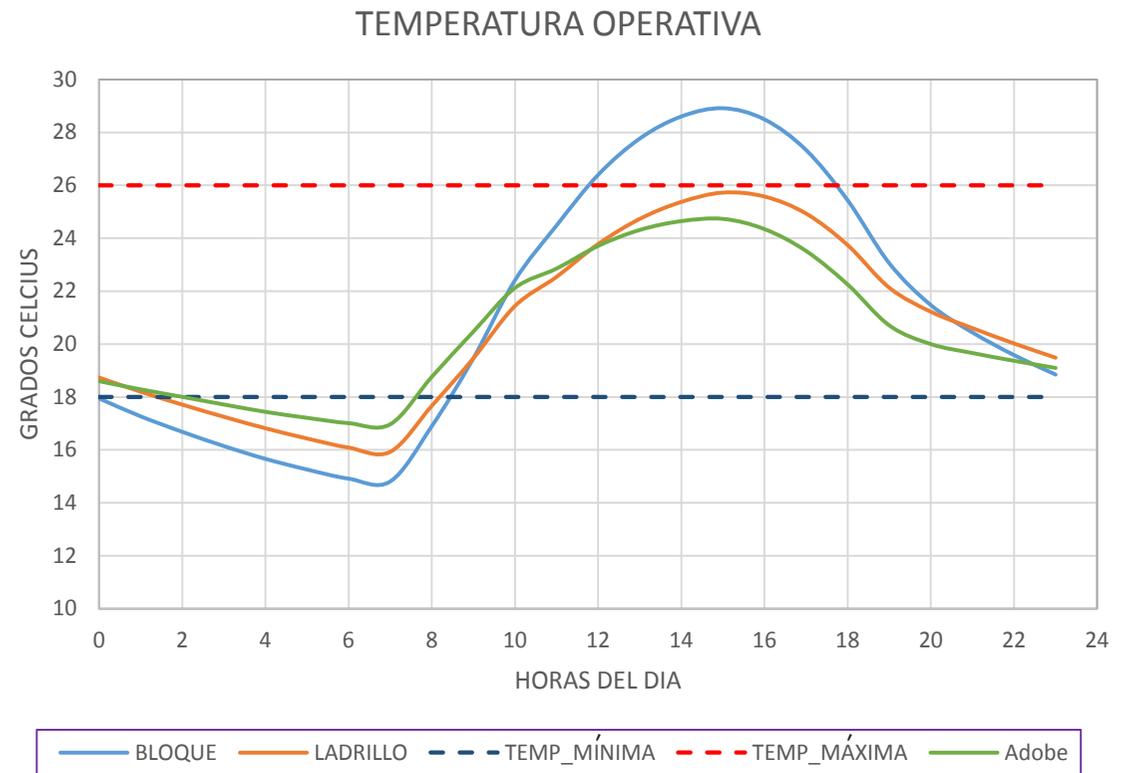


Gráfico 4. Temperatura operativa, gráfica unificada.  
FUENTE: Autoría propia.

En la metodología se describe el procedimiento seguido para obtener los resultados en las simulaciones.

Muy importante es la visita de campo en donde se recolecta la información requerida para ingresar al programa Design Builder quien realiza las simulaciones.

Hay que tener presente las características térmicas de los materiales, para este estudio se utilizó información proporcionada por el INER sobre características de los materiales, los mismos que son utilizados en las investigaciones que realiza este instituto sobre confort térmico en la vivienda.

# CAPÍTULO 4

## 4.1 PROPUESTA DE DISEÑO

El objetivo principal de la propuesta es lograr que la vivienda se encuentre dentro del rango de confort la mayor cantidad de horas en el día. Siempre considerando que las intervenciones que se realicen en la misma sean mínimas, para evitar que el costo de la vivienda se incremente considerablemente. Luego de hacer las simulaciones con la vivienda existente, es decir con los mismos materiales y la misma orientación, se determinó, cuales son los materiales con mejores características térmicas que se utilizarían en la propuesta. Estos materiales se detallaran más adelante en este mismo apartado. Como primer paso se determinó cual es la mejor orientación de la vivienda para lograr tener la mayor cantidad posible de ganancias solares por

medio de vidrios exteriores, debido a que el sol nos brinda calor para poder calentar la vivienda. Para esto, se realizaron simulaciones girando la vivienda cada 15° hasta completar los 360° y así determinar cuál es la orientación más favorable. La primera orientación favorable se obtiene girando la vivienda 90° con respecto al Norte, dejando una de las fachadas principales orientadas hacia el Este, logrando tener ganancias solares por ventanas exteriores en 3953,588 KWh (ver figura 89).

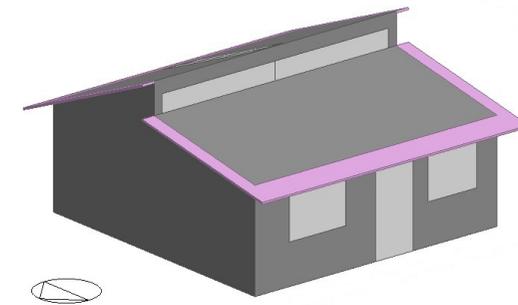


Fig. 89 Orientación de la vivienda 90°.

FUENTE: Autoría propia

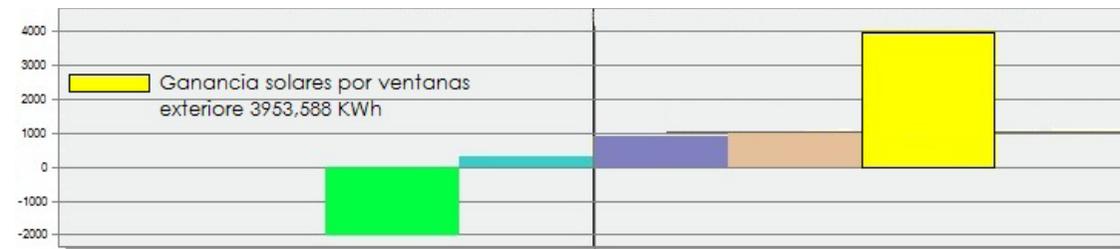


Gráfico 5. Ganancias solares por ventanas exteriores.

FUENTE: Autoría propia.

La segunda orientación favorable es un giro de 270° con respecto al Norte, dejando una de las fachadas principales orientadas hacia el Este, logrando tener ganancias solares por ventanas exteriores en 3926,008 KWh (ver figura 90). En conclusión la mejor orientación de la vivienda es Este-Oeste logrando tener ganancias solares en la mañana y en la tarde. A continuación, se presenta la gráfica con giros cada 15° de la vivienda y sus respectivas ganancias solares.

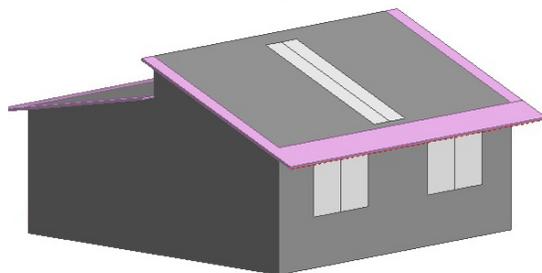


Fig. 90 Orientación de la vivienda 270°. FUENTE: Autoría propia.

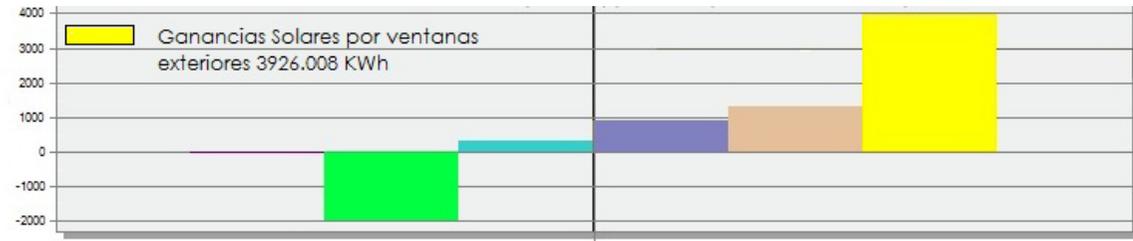


Gráfico 6. Ganancias solares por ventanas exteriores. FUENTE: Autoría propia.

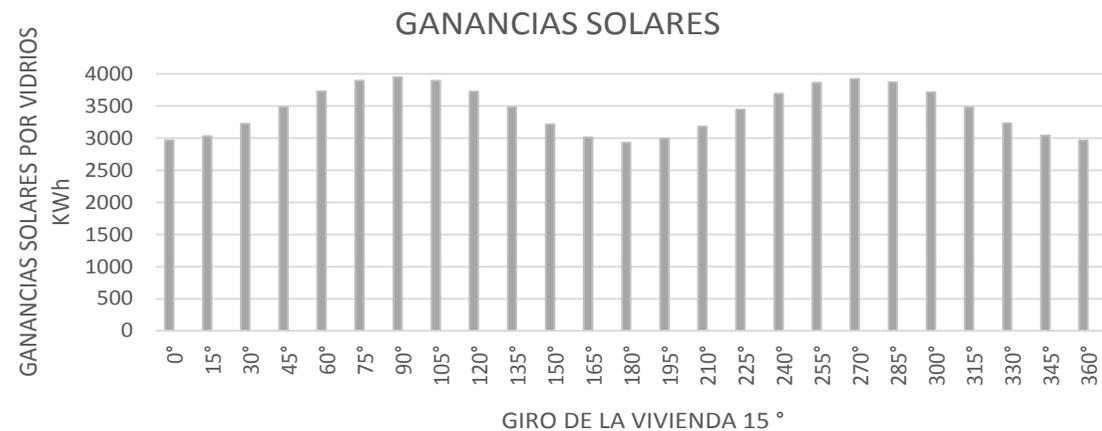


Gráfico 7. Ganancias solares. FUENTE: Autoría propia.

4.1.1 ANALISIS ENERGÉTICO DE LA VIVIENDA ACTUAL Y LA PROPUESTA.

Se realizó las simulaciones en la vivienda actual y la vivienda propuesta para este estudio, logrando determinar pérdidas y ganancias térmicas.

En la vivienda actual pierde energía principalmente por piso y paredes, por el piso se pierde 2430.77 KWh, mientras que por paredes se pierde 1641.71 KWh, estas pérdidas son anuales (ver gráfico 8), por acristalamiento también pierde 466.02 KWh al año.

De la misma manera se indican las ganancias que tiene la vivienda, principalmente por ocupación con 1899.00 KWh al año y por acristalamiento en 1696.93 KWh por año, también existen ganancias por equipos (ver gráfico 9).



Gráfico 8. Balance energético, pérdidas de calor.  
FUENTE: Autoría propia.



Gráfico 9. Balance energético, ganancias de calor.  
FUENTE: Autoría propia.

Según el análisis energético de la propuesta se obtuvieron los siguientes resultados:

En cuanto a pérdidas de calor se puede determinar que se presentan en su mayoría por muros y acristalamiento en 3720.69 KWh y 2490.23 KWh al año, respectivamente (ver gráfico 10).

Por otro lado, en lo que tiene que ver con las ganancias térmicas se logra incrementar en gran medida las que corresponden a ganancias solares por ventanas exteriores, debido a que en la propuesta se colocan cristales en la cubierta para ganar calor al interior de la vivienda, estas ganancias son de 7869.62 KWh al año (ver gráfico 11).

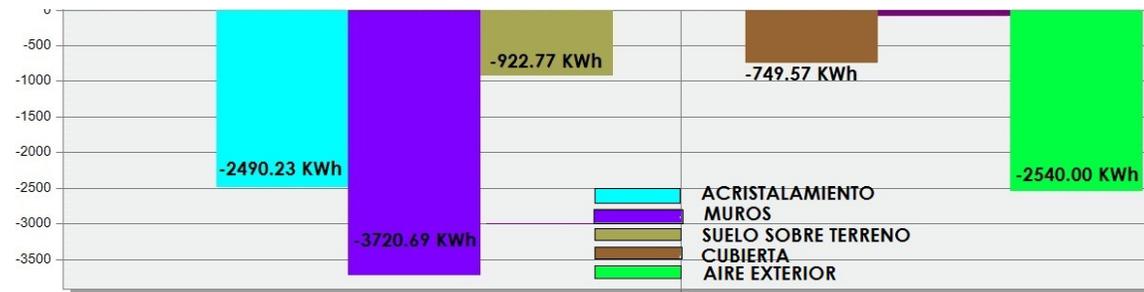


Gráfico 10. Balance energético, pérdidas de calor.  
FUENTE: Autoría propia.

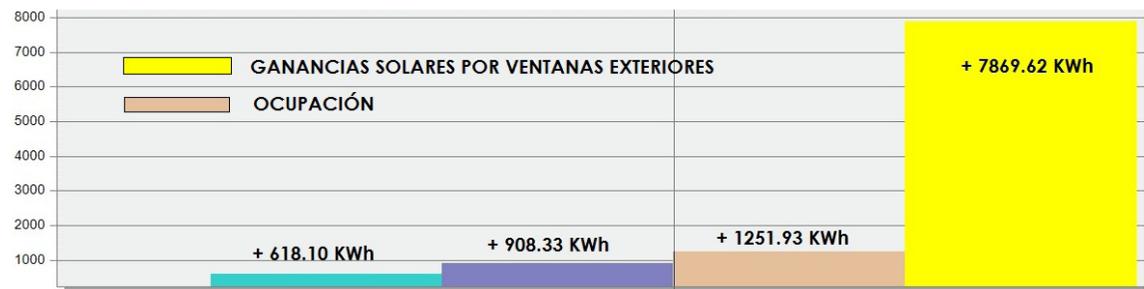


Gráfico 11. Balance energético, ganancias de calor.  
FUENTE: Autoría propia.

4.1.2 ANÁLISIS DE MATERIALES

En segundo lugar se consideró los materiales más adecuados desde el punto de vista térmico, los mismos que ayudaran a almacenar la energía proporcionada por el sol durante el día, y retenerlo en su interior para por la noche devolverlo al ambiente en forma de calor, logrando tener mayor cantidad de horas dentro del rango de confort.

Se cambia el bloque por ladrillo. En la actualidad las paredes son de bloque de 0.12 cm de ancho, se propone paredes de ladrillo de 0.20 cm de ancho. A continuación se indica las características térmicas de los dos materiales (ver tabla 14).

PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN PAREDES			
MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/mK)	CALOR ESPECIFICO (J/Kg.K)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )
Ladrillo Macizo	0,8	840	1700
Bloque Concreto	0,62	900	1500

Tabla 14: Propiedades de los materiales utilizados en las viviendas del MIDUVI

FUENTE: Propiedades térmicas de materiales de construcción para vivienda social del Ecuador.

Las tres características presentadas en la tabla anterior indican como un material se comportara térmicamente. Para que un material tenga una buena inercia térmica debe tener un elevado calor específico, una elevada densidad, y una conductividad térmica moderada. Por lo tanto el

ladrillo tiene mejores características térmicas que el bloque de concreto. De igual manera en la cubierta se cambió el fibrocemento por teja de arcilla, mejorando la captación de calor, debido a que la teja tiende a almacenar calor y devolverlo al ambiente no tan rápido como el fibrocemento. A continuación se indican las características de los materiales de cubierta (ver tabla 15).

PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN CUBIERTA			
MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/mK)	CALOR ESPECIFICO (J/Kg.K)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )
Fibrocemento	0,93	1200	1700
Teja de Arcilla	1	800	2000

Tabla 15: Propiedades de los materiales utilizados en las viviendas del MIDUVI

FUENTE: Propiedades térmicas de materiales de construcción para vivienda social del Ecuador.

Un factor muy importante que se toma en cuenta en la propuesta son las infiltraciones que existen en la actualidad en las viviendas (Ver Figura 91), mejorando notablemente las infiltraciones en la propuesta con relación a las viviendas entregadas por el MIDUVI. Para las simulaciones se consideró una estanqueidad de Bueno, según los parámetros que permite ingresar el programa Design Builder. Es por esto, que al momento de realizar las simulaciones se tomó en cuenta a las infiltraciones como nulas, esto quiere decir que el nivel de aislamiento en puertas y ventanas es muy bueno. Consiguiendo con esto que el calor almacenado en la vivienda gracias a ganancias internas y externas no se pierda hacia el exterior por las infiltraciones.



Fig. 91 Infiltraciones por puerta y ventanas.  
FUENTE: Autoría propia

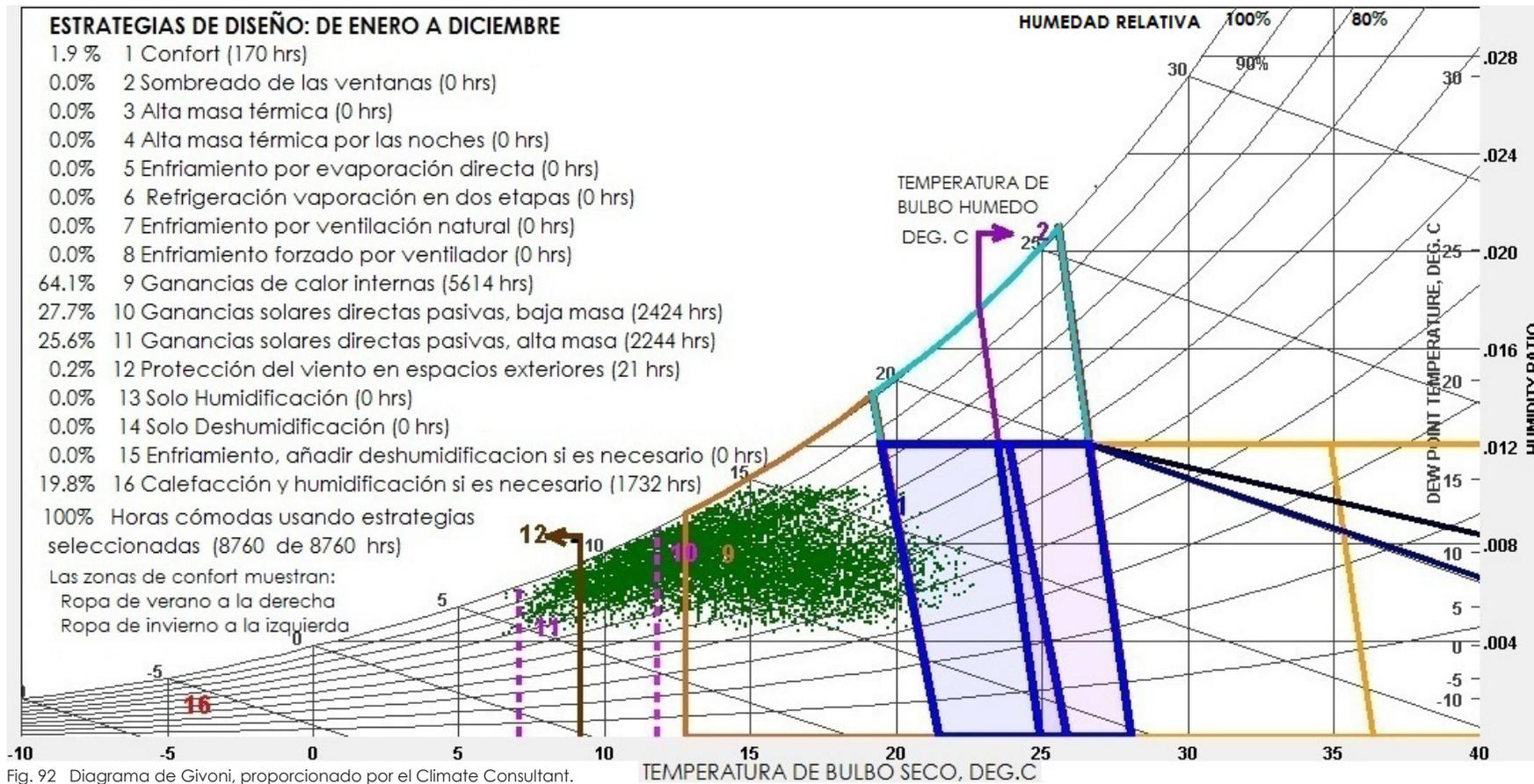
#### 4.1.3 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA LA PROPUESTA DE DISEÑO

Para la elección de las propuestas bioclimáticas se procedió a la revisión del estado del arte, obteniendo estrategias precisas para el tipo de clima de Ricaurte. Como primer paso se introdujo el

fichero climático en el programa Climate Consultant el mismo que nos proporciona estrategias bioclimáticas basándose en el diagrama de Givoni (ver figura 92).

El programa nos indica en porcentajes cual es la mejor estrategia a utilizar en un clima determinado, en este caso, el de Ricaurte.

La estrategia con mayor porcentaje es la más favorable, mientras tanto, si el porcentaje de una determinada estrategia va disminuyendo, también disminuirá su efectividad como estrategia bioclimática (ver figura 92).



FUENTE: Autoría propia.

## 4.1.3.1 GANANCIAS DE CALOR INTERNAS

Climate consultant, nos indica que una de las mejor estrategia para ganar calor dentro de la vivienda son las ganancia de calor internas, las que son producidas por iluminación, computadoras y equipos de oficina, motor eléctrico, aparatos de cocina u otros equipos domésticos y por último las personas y animales que también pierden calor a su entorno (CIBSE-A, 2006) (Ver figura 93).

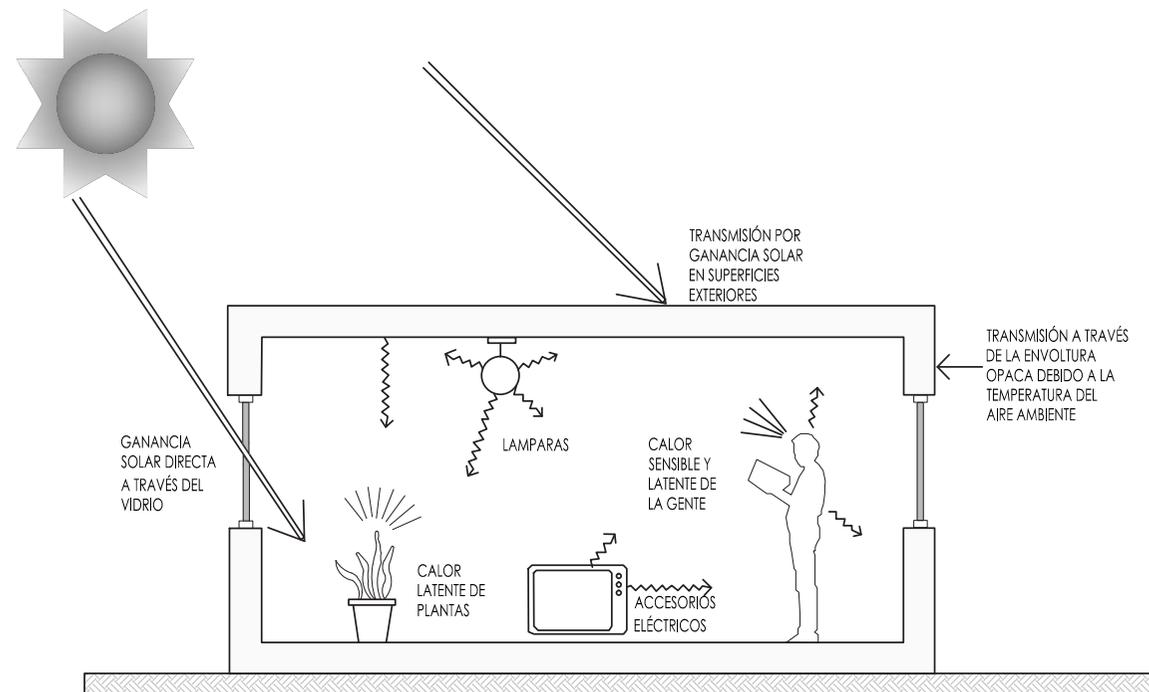


Fig. 93 Ganancias de calor internas, estrategia proporcionada por el Climate Consultant.

FUENTE: Climate Consultant.

#### 4.1.3.2 GANANCIAS POR ACRISTALAMIENTO, Y ACUMULACIÓN POR MASA TÉRMICA.

La siguiente estrategia, que se considera importante son las ganancias solares a través de los acristalamientos de la vivienda, para esto juega un papel importante la orientación de la misma, así también la cantidad de acristalamiento que se proponga.

Para que esta estrategia rinda eficientemente es recomendable utilizar acristalamiento de alto rendimiento (ver figura 94). De la misma manera, la utilización de materiales que nos proporcionen gran masa térmica, en pisos y paredes, es otra de las estrategias a tener en cuenta en la propuesta.

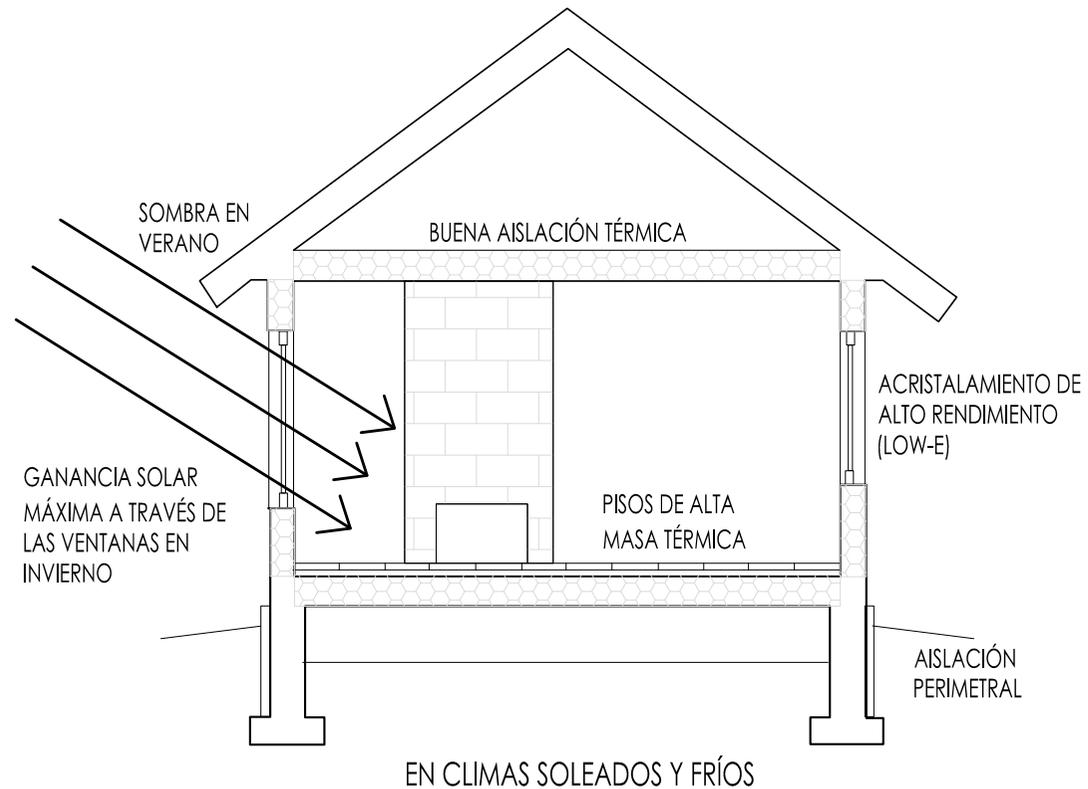


Fig. 94 Ganancias y almacenamiento de calor, estrategia proporcionada por el Climate Consultant.  
FUENTE: Climate Consultant.

#### 4.1.3.3 TOLDO CORREDIZO

Por último, la estrategia que se propone para evitar las ganancias solares en exceso, es un toldo corredizo que nos proteja los ambientes interiores cuando no se necesite la radiación solar o que permita el paso controlado de la misma. Ya que en ocasiones en el clima de Cuenca el sol suele ser fuerte y se puede llegar a causar molestias a las personas dentro de la vivienda.

Según Francisco Manzano en su artículo "Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort" esta estrategia es aconsejable en climas con temperaturas que están cerca de niveles confortables. Esta estrategia es conocida como patio Sevillano, la misma que se adaptara para cubrir las necesidades de la vivienda propuesta en esta investigación (ver figura 95).

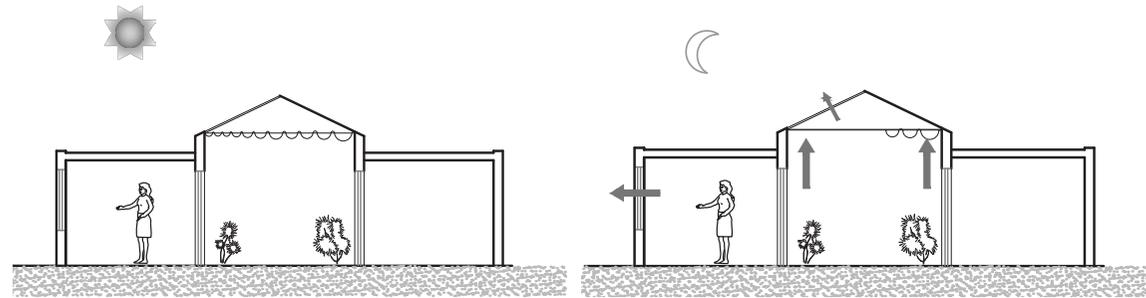


Fig. 95 Estrategia bioclimáticas (Patio Sevillano).

FUENTE: Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort.

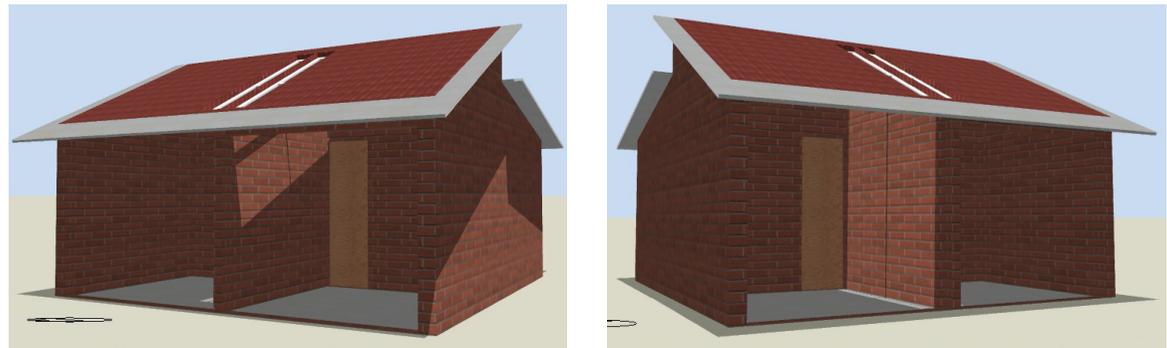


Fig. 96 Incidencia del sol en el interior de la vivienda, dormitorios.

FUENTE: Autoría propia.

#### 4.1.3.4 FORMA COMPACTA

Utilizar una forma compacta en el diseño del edificio es importante para su desempeño. Es así, que para este tipo de clima se recomienda una planta cuadrada para reducir al mínimo las pérdidas de calor sobre la vivienda.

Según Rodrigo García Álvarado, la condición de forma es un aspecto que afecta directamente en el comportamiento térmico de la vivienda.

Como se observa en la figura 97 la primera opción que nos presenta es una forma alargada la misma que no nos ayuda para conservar el calor, sin embargo esta geometría resulta muy útil para climas cálidos, la segunda opción es una caso intermedio en la que se pierde menos calor por cuanto

a efectos climáticos exteriores, y la tercera alternativa es catalogada como la opción óptima debido a que tiene menor superficie exterior expuesta a los diferentes agentes climáticos causantes de pérdida de calor.

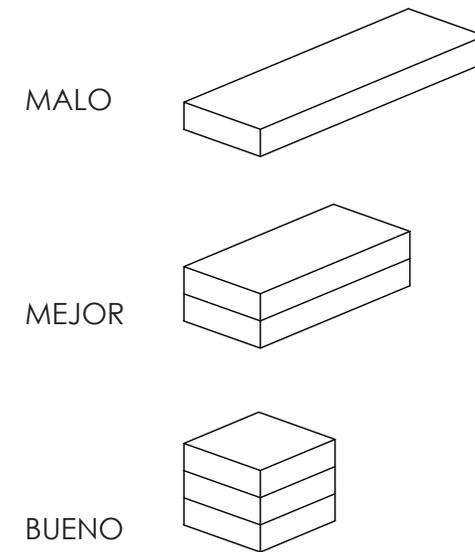


Fig. 97 Forma.  
FUENTE: Climate Consultant.

#### 4.1.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PROPUESTA DE VIVIENDA.

Para la propuesta de la nueva vivienda se plantea cambiar la distribución de sus ambientes, debido al análisis de orientación de la casa para tener mayores ganancias solares de la misma, por esta razón los dos dormitorios, el de padres e hijos se los ubicó al Oeste para que el sol de la tarde caliente las paredes de ladrillo y almacenen energía y lo devuelva en el transcurso de la noche cuando ya no hay sol para que caliente los dormitorios, los mismos que son utilizados en gran mayoría por la noche. Se plantea paredes de 0.20 cm de ancho, para que el calor que absorberá la pared no sea devuelto muy de prisa y el tiempo que se demore en hacerlo coincida con las horas en que hace falta calor (ver figura 98). Mientras tanto la Sala-Cocina-Comedor fueron ubicados hacia el

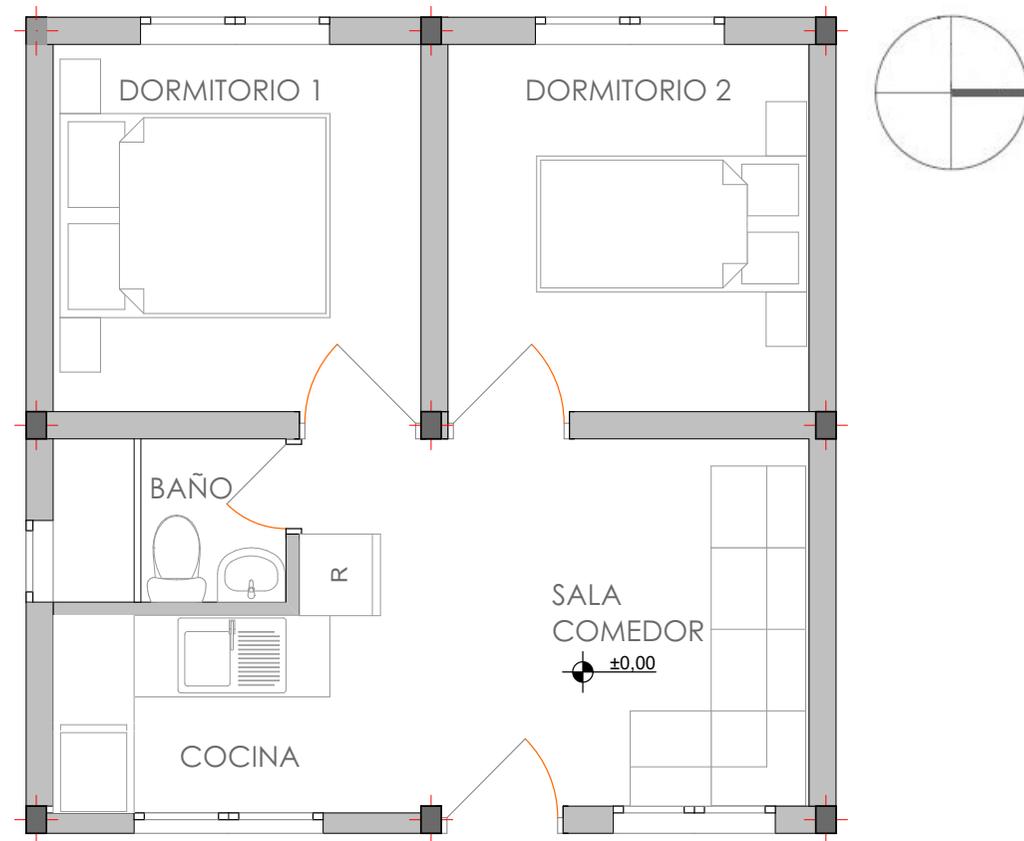


Fig. 98 Planta propuesta.  
FUENTE: Autoría propia.

Estos los mismos que recibirán el sol de la mañana, las paredes exteriores a estos espacios también son de ladrillo de 0.20 m, para que cumplan la función de acumuladores de calor.

De la misma manera, las ventanas se propone que sean más grandes, para lograr el ingreso de luz y sol, logrando almacenar calor dentro de la vivienda.

Los vidrios utilizados en la propuesta son dobles, estos nos brindan mayor rendimiento al evitar que el calor almacenado dentro de la vivienda pueda escapar hacia el exterior.

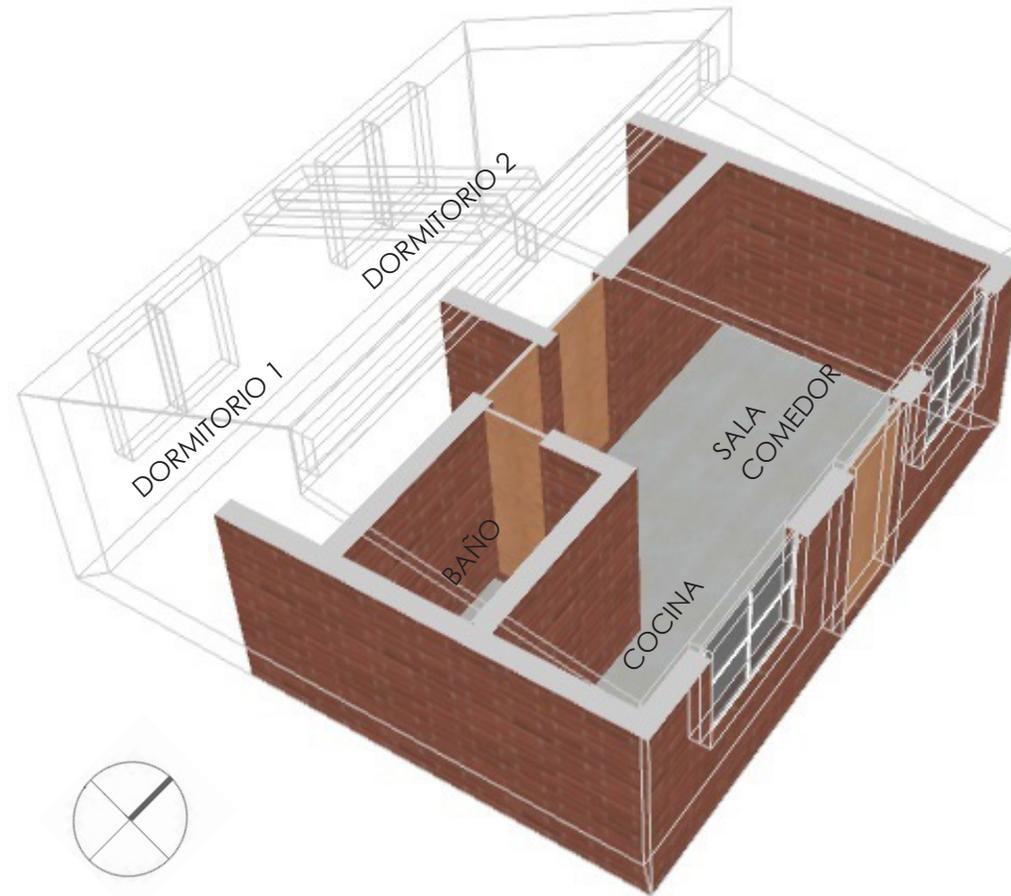


Fig. 99 Soleamiento en la mañana. FUENTE: Autoría propia.

## CONCLUSIONES GENERALES.

Esta investigación comienza determinando que las viviendas entregadas por el MIDUVI en la parroquia Ricaurte no satisfacen las necesidades de confort de los usuarios, debido a la utilización de materiales que no cuentan con buenas características térmicas. El programa con que se determinó el confort fue con Design Builder. Sumado a esto, las elevadas infiltraciones que tiene la vivienda por puertas y ventanas también contribuyen a que la casa sea fría, dando como resultado en la primera simulación que las personas se encuentran fuera del rango de confort pudiendo ser este por exceso de calor o por frío.

La primera simulación se realizó con los materiales que el MIDUVI construye las viviendas.

De la misma manera el diseño y distribución interior de la vivienda propuesta por el MIDUVI, no ayuda a que esta pueda ganar calor por la radicación solar.

Por esta razón se determinó materiales apropiados con buenas características térmicas los mismos que almacenan el calor, además de métodos constructivos más adecuados para que la vivienda no pierda el calor ganado dentro de la misma.

Los materiales utilizados en la propuesta son paredes de 0,20 cm de ladrillo, pisos y cubierta aislados y ventanas en donde no existan infiltraciones, además de una adecuada orientación de la vivienda.

Realizando todos los cambios mencionados, se logró que la vivienda este dentro del rango de confort,

según la norma ecuatoriana, es decir entre los 18 a 26°C.

Con la propuesta de diseño planteada en esta investigación se logra mejorar notablemente el confort térmico en las viviendas, mejorado la calidad de vida de sus ocupantes.

Los casos similares analizados, sobre viviendas propuestas en cuenca fueron de mucha importancia para tener un punto de partida para el análisis de las estrategias bioclimáticas más efectivas que se pueden utilizar en este clima.

El Gobierno ecuatoriano mediante el MIDUVI, debe realizar mayores esfuerzos para garantizar que las personas beneficiarias de estos proyectos a parte de recibir un techo también puedan gozar de buenas condiciones de confort y una vivienda saludable.

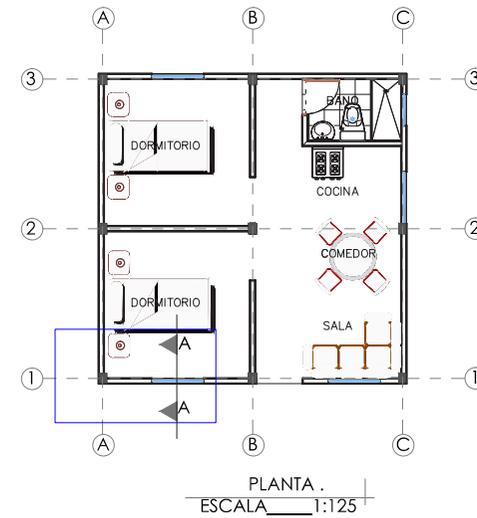
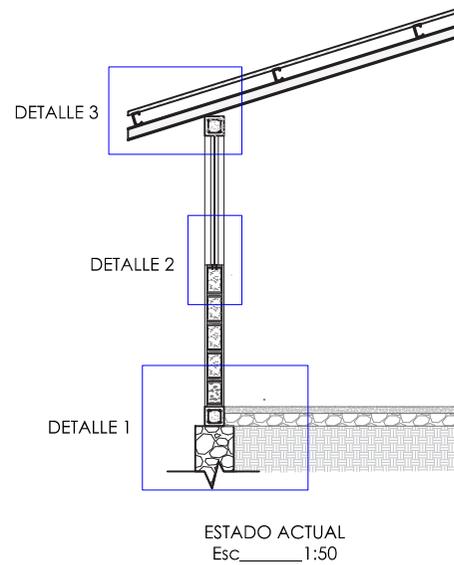
# ANEXO

PROPIEDADES DE LOS PAQUETES CONSTRUCTIVOS A SER USADOS EN LAS VIVIENDAS DEL MIDUVI							
ELEMENTO	PAQUETE CONSTRUCTIVO	MATERIAL	K[W/m.K]	Cp [J/kg.K]	d [kg/m <sup>3</sup> ]	E [mm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
Cimentación	Hormigón	Piedra	3.50	860	2815	200	3.06
		Hormigón	1.46	1000	2100	65	
Cubierta	Fibro cemento	Fibro cemento	0.93	1200	1700	20	4.34
		Loseta de hormigón	1.46	1000	2100	100	
Envolvente vertical	Adobe	Adobe	0.76	885	1440	300	1.77
	Bloque de hormigón	Bloque de hormigón	0.62	900	1500	150	2.42
	Ladrillo	Ladrillo	0.80	840	1700	250	2.07
	Panel de madera dura	Madera dura	0.18	1700	710	6	4.91

Tabla 16: Propiedades térmicas de los materiales utilizados en las viviendas del MIDUVI

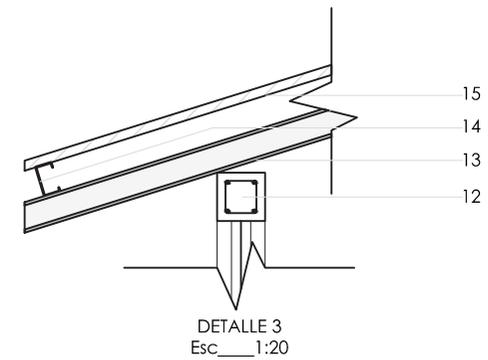
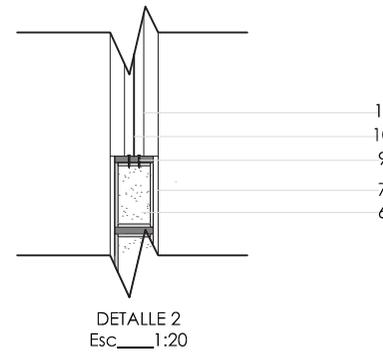
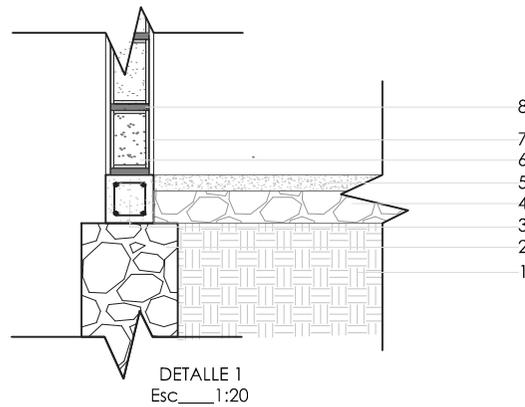
FUENTE: Propiedades térmicas de materiales de construcción para vivienda social del Ecuador.

DETALLE, ESTADO ACTUAL.

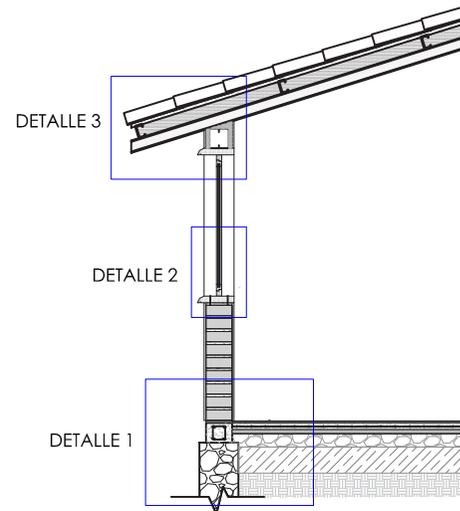


LISTA DE MATERIALES.

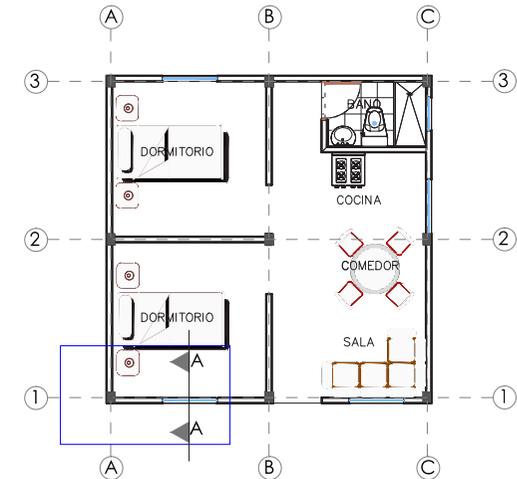
1. Terreno natural.
2. Cimiento de hormigón ciclópeo.
3. Viga de cimentación v-6.
4. Replantillo de canto rodado.
5. Chapa de compresión.
6. Bloque de pomez.
7. Enlucido de mortero 1:3.
8. Junta de mortero 1:3.
9. Tornillos de 1 1/2".
10. Vidrio simple 4mm.
11. Marco de hierro.
12. Viga de hormigón armado.
13. Perfil g (100 x 75 x 15 x 0.2 mm).
14. Perfil g (80 x 40 x 15 x 0.15 mm)
15. Plancha de fibrocemento.



DETALLE, PROPUESTA.



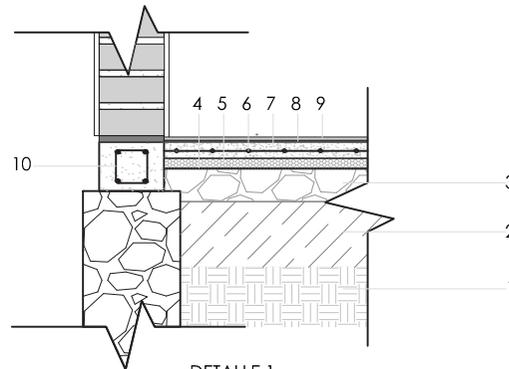
PROPUESTA  
Esc 1:50



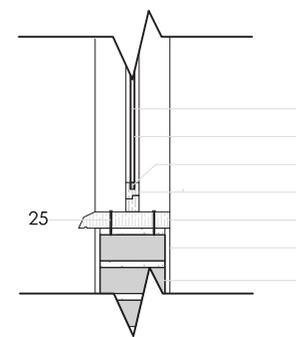
PLANTA .  
ESCALA 1:125

LISTA DE MATERIALES.

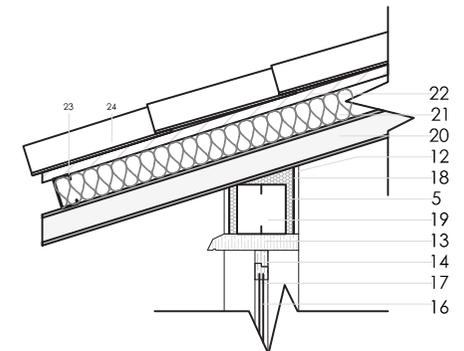
1. Terreno natural.
2. Mejoramiento, compactado.
3. Piedra de canto rodado 15cm.
4. Polietileno 0.2mm.
5. Poliestireno 30mm.
6. Malla electrosoldada r-84.
7. Chapa de compresión.
8. Esponja aluminizada.
9. Piso flotante.
10. Viga de cimentación V6.
11. Ladrillo macizo de 20cm.
12. Enlucido de mortero 1:3.
13. Tablón de madera teca.
14. Marco de madera teca.
15. Tamiz molecular absorbente de humedad.
16. Vidrio e=6mm.
17. Cámara de aire e=12mm.
18. Malla nervometal.
19. Caja metálica G(150 x 75 x 15mm, e=3mm).
20. Perfil G ( 150 x 75 x 15mm, e=2mm).
21. Lana de roca.
22. Plancha de fibrocemento.
23. Perfil G ( 80 x 40 x 15 x 0.15 mm).
24. Teja artesanal.
25. Tornillo 3".



DETALLE 1  
Esc 1:20

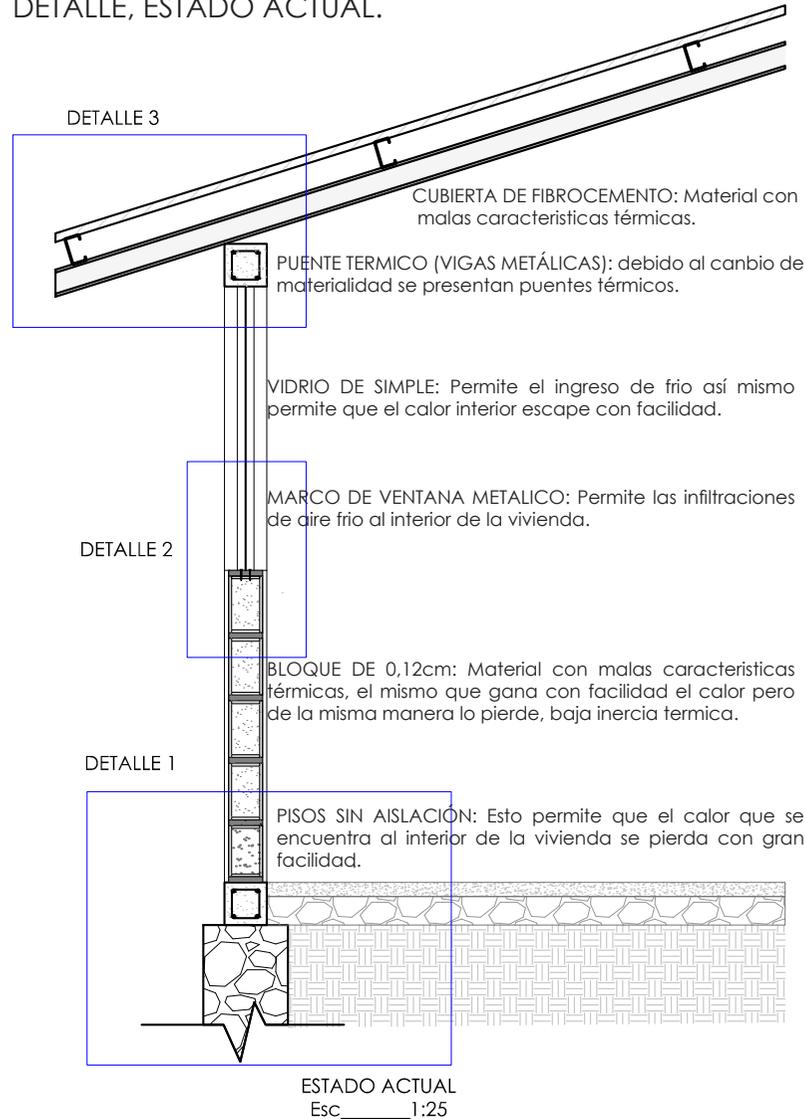


DETALLE 2  
Esc 1:20

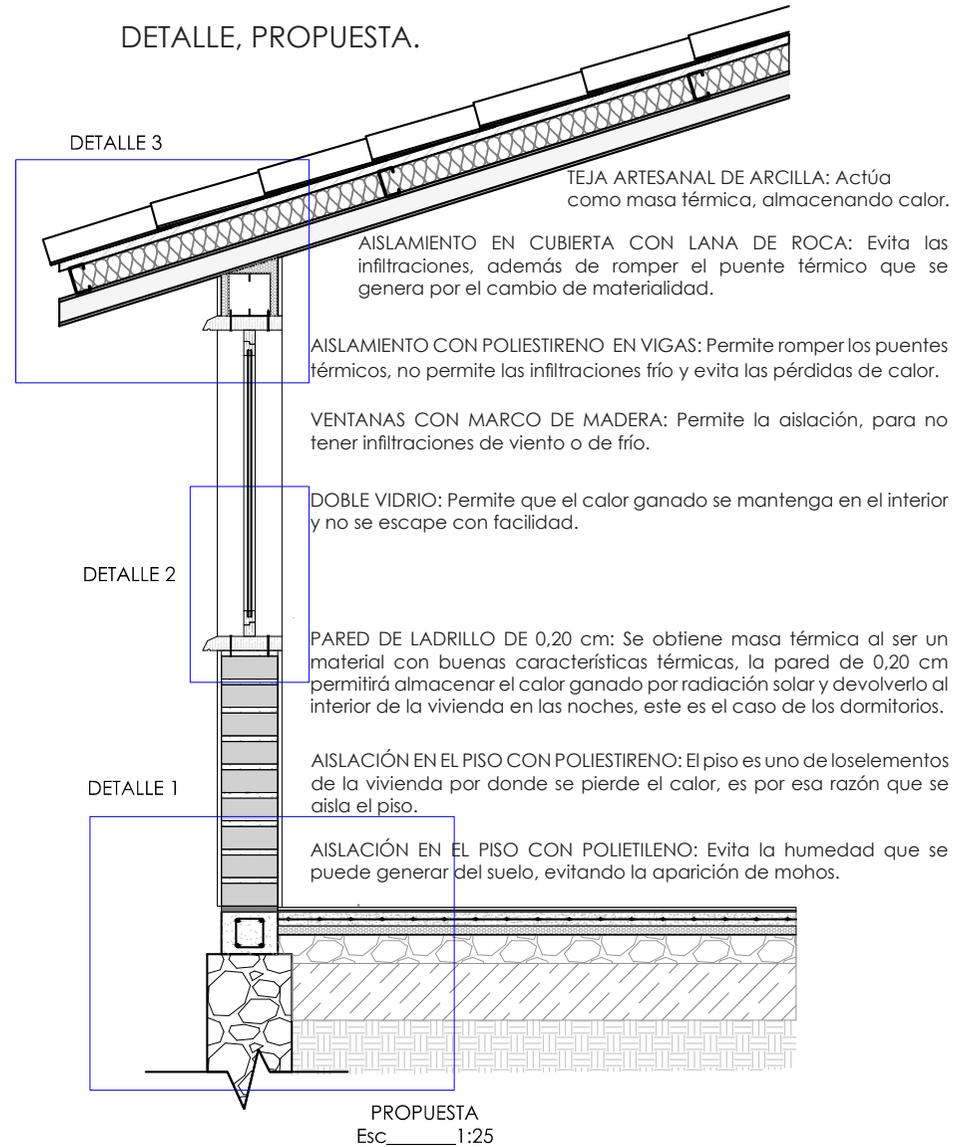


DETALLE 3  
Esc 1:20

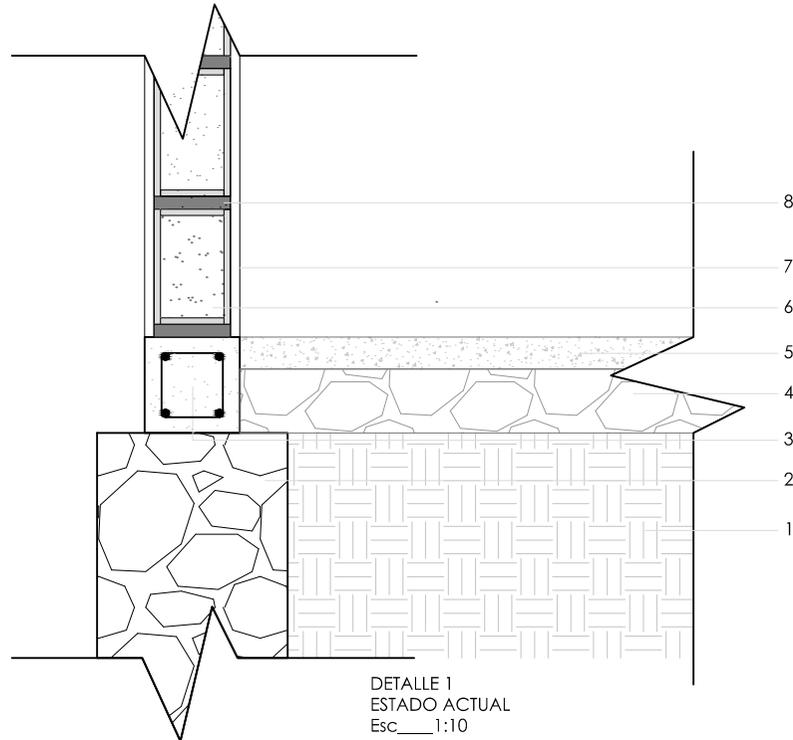
DETALLE, ESTADO ACTUAL.



DETALLE, PROPUESTA.



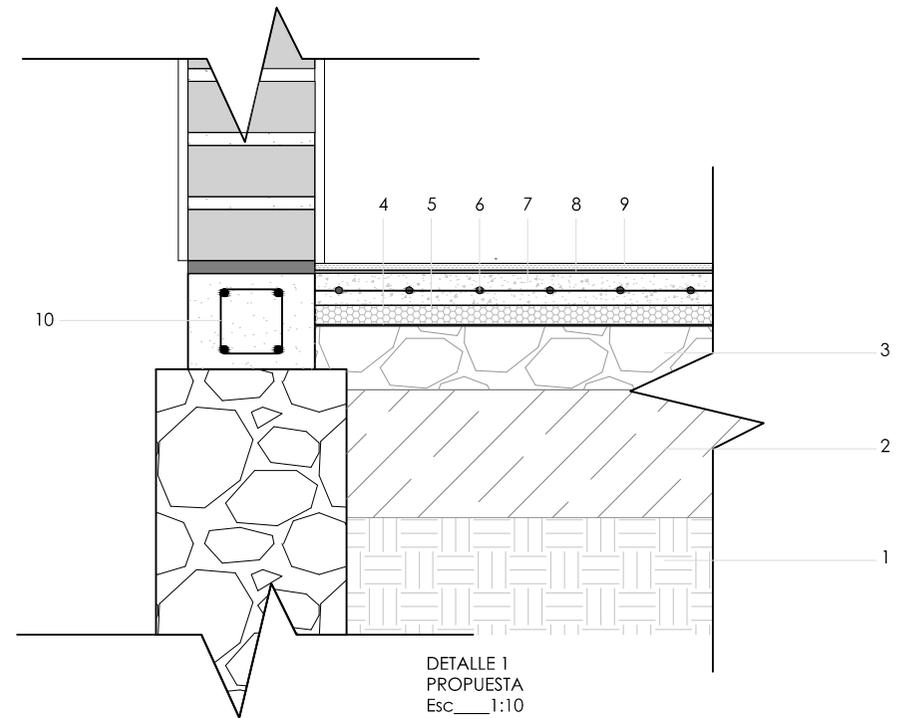
DETALLE 1, ESTADO ACTUAL.



LISTA DE MATERIALES.

1. Terreno natural.
2. Cimiento de hormigón ciclópeo.
3. Viga de cimentación v-6.
4. Replanteo de canto rodado.
5. Chapa de compresión.
6. Bloque de pomez.
7. Enlucido de mortero 1:3.
8. Junta de mortero 1:3.

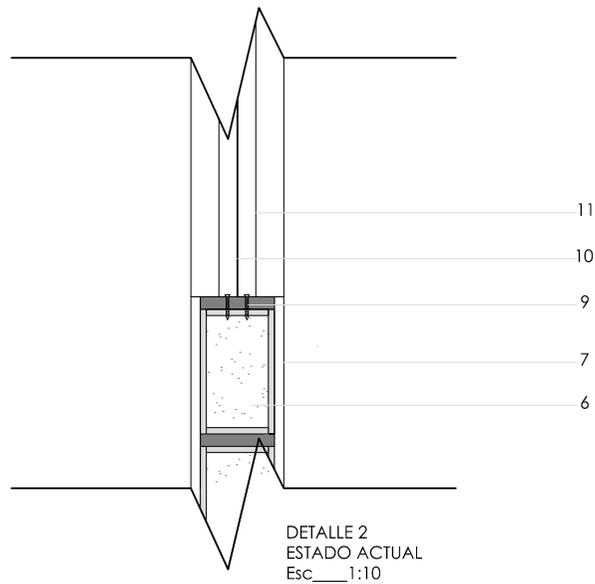
DETALLE 1, PROPUESTA.



LISTA DE MATERIALES.

1. Terreno natural.
2. Mejoramiento, compactado.
3. Piedra de canto rodado 15cm.
4. Polietileno 0.2mm.
5. Poliestireno 30mm.
6. Malla electrosoldada r-84.
7. Chapa de compresión.
8. Esponja aluminizada.
9. Piso flotante.
10. Viga de cimentación V6.

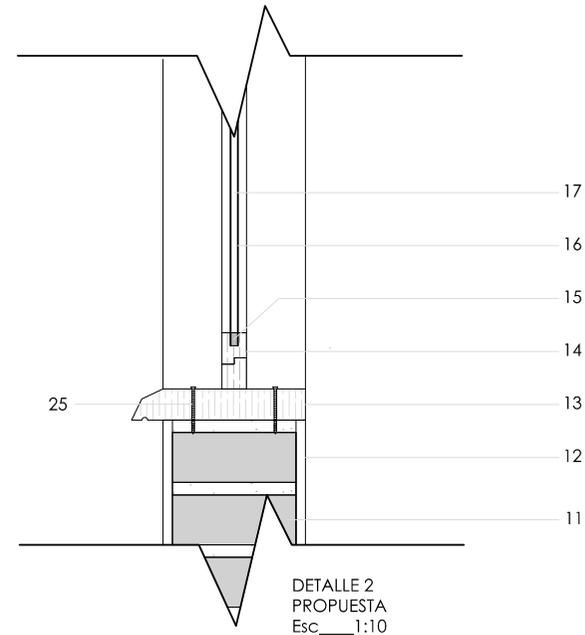
DETALLE 2, ESTADO ACTUAL.



LISTA DE MATERIALES.

1. Terreno natural.
2. Cimiento de hormigón ciclópeo.
3. Viga de cimentación v-6.
4. Replanteo de canto rodado.
5. Chapa de compresión.
6. Bloque de pomez.
7. Enlucido de mortero 1:3.
8. Junta de mortero 1:3.
9. Tornillos de 1 1/2".
10. Vidrio simple 4mm.
11. Marco de hierro.

DETALLE 2, PROPUESTA.

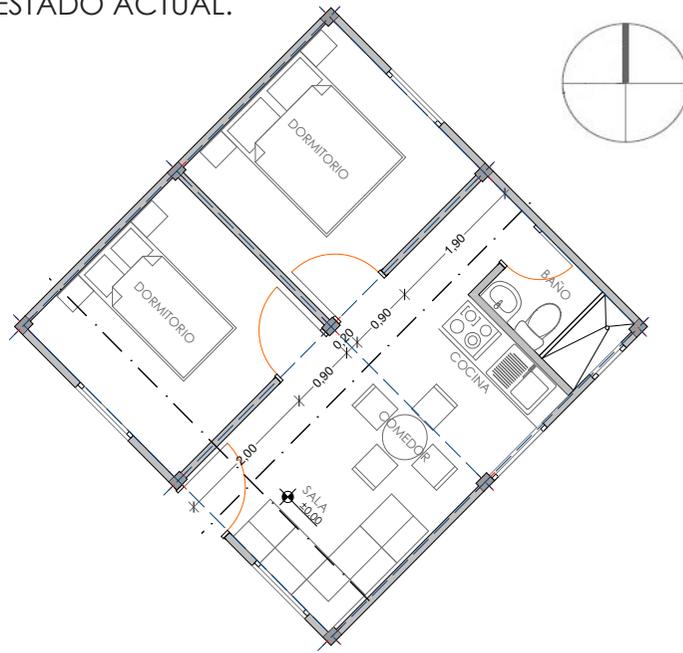


LISTA DE MATERIALES.

11. Ladrillo macizo de 20cm.
12. Enlucido de mortero 1:3.
13. Tablón de madera teca.
14. Marco de madera teca.
15. Tamiz molecular absorbente de humedad.
16. Vidrio e=6mm.
17. Cámara de aire e=12mm.
18. Malla nervometal.
19. Caja metálica G (150 x 75 x 15mm, e=3mm).
20. Perfil G ( 150 x 75 x 15mm, e=2mm).
21. Lana de roca.
22. Plancha de fibrocemento.
23. Perfil G ( 80 x 40 x 15 x 0.15 mm).
24. Teja artesanal.
25. Tornillo 3".



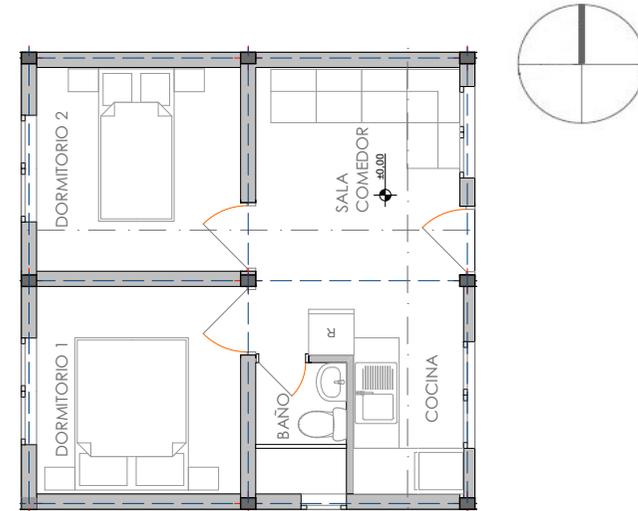
PLANTA, ESTADO ACTUAL.



PLANTA ÚNICA

Mala ubicación de dormitorios: Los mismos que están orientados al noreste, recibiendo el sol de la tarde pero no en todos los meses del año, para el periodo comprendido entre mediados de Noviembre hasta Enero el sol se ubica hacia el Sur. Perjudicando el ingreso de sol a los dormitorios y por ende pocas ganancias solares.

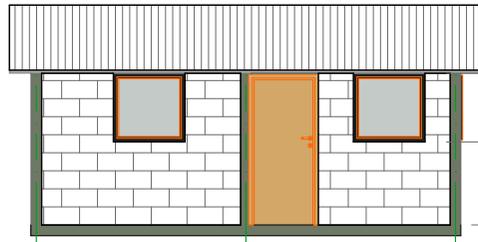
PLANTA, PROPUESTA.



PLANTA ÚNICA

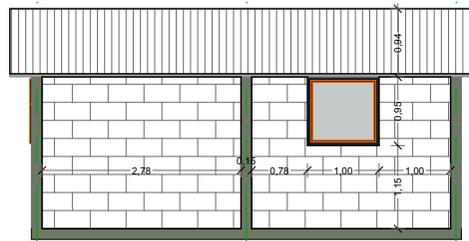
Los dormitorios fueron ubicados hacia el Oeste, para que reciban el calor de la tarde, ya que en la visita de campo se determinó que los dormitorios son ocupados únicamente en las noches, Al estar ubicados al oeste reciben el sol a partir de la 1:30 pm hasta las 6pm aproximadamente, esta radiación calienta las paredes de ladrillo de 0,20 cm almacenado el calor al interior del mismo y devolviendo al interior de las habitaciones durante la noche, cuando se necesita de calor.

ESTADO ACTUAL.



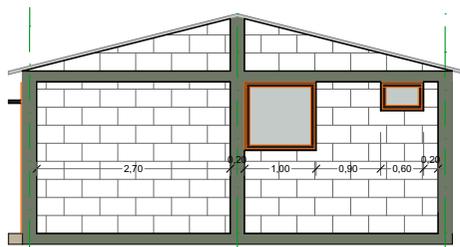
ELEVACION FRONTAL

Ventanas pequeñas, con vidrio de simple, periferia de metal, con infiltraciones altas.



ELEVACION POSTERIOR

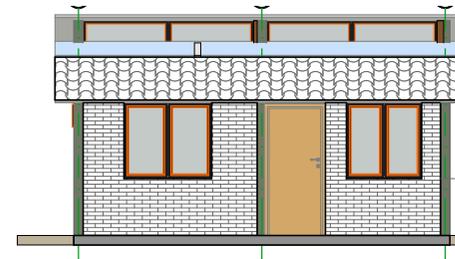
Ventana pequeña de dormitorio, orientada al nor-este, recibe el sol de la mañana, que se considera aceptable, sin embargo, se llega a la conclusión que los dormitorios deben recibir el calor de la tarde.



ELEVACION LATERAL DERECHA

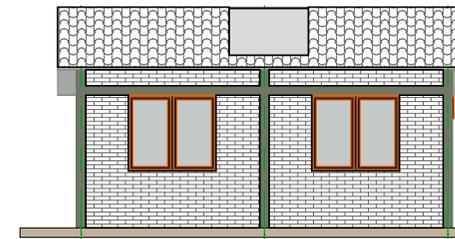
Paredes de bloque las mismas que no brindas buenas características térmicas, lo que no ayuda para que la familia tenga confort térmico,

PROPUESTA.



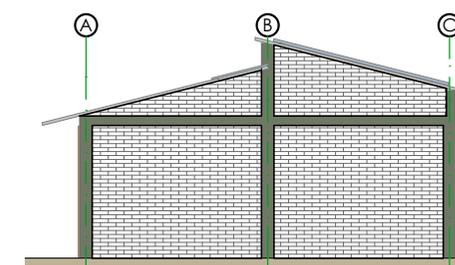
ELEVACION FRONTAL

Ventanas más grandes y de doble vidrio. Cubierta en dos niveles lo que permite el ingreso del sol en las mañanas a los dormitorios, además de que esta radiación calienta las paredes interiores las mismas que almacenaran el calor. Estas ventanas superiores tambien sirven de ventilación cuando sea necesario.



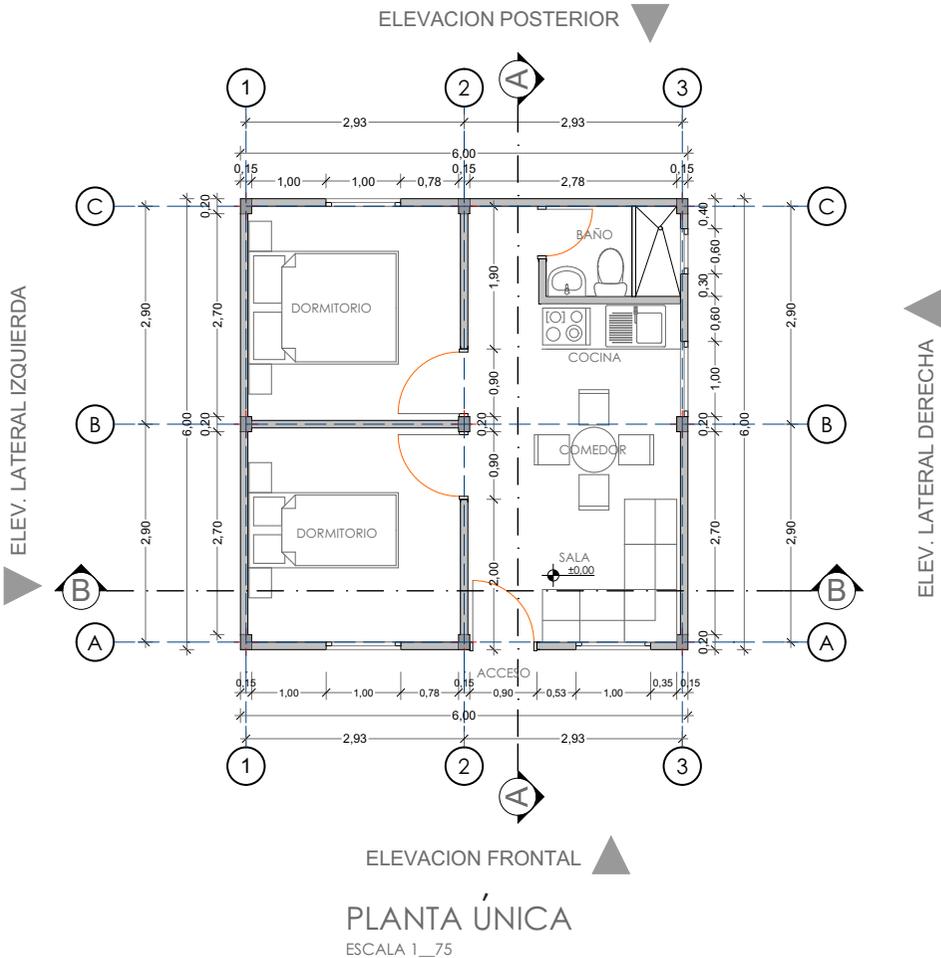
ELEVACION POSTERIOR

Ventanas más grandes y de doble vidrio, permitiendo un mayor ingreso de luz y radiación solar, y al mismo tiempo no permiten que esta energía ganada se pueda escapar hacia el exterior por ser doble vidrio. En la cubierta tiene tragaluces que cumple la función de permitir el ingreso del sol y calentar las paredes interiores que tambien son de ladrillo.

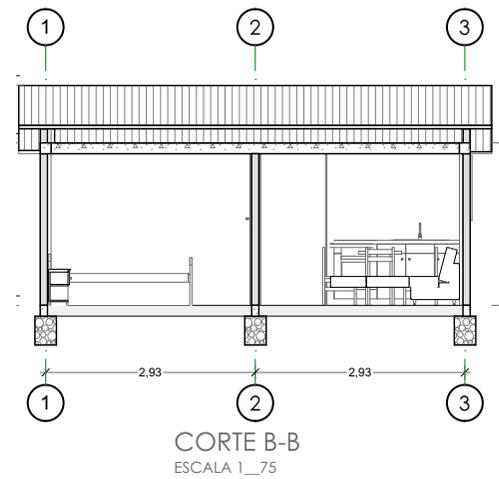
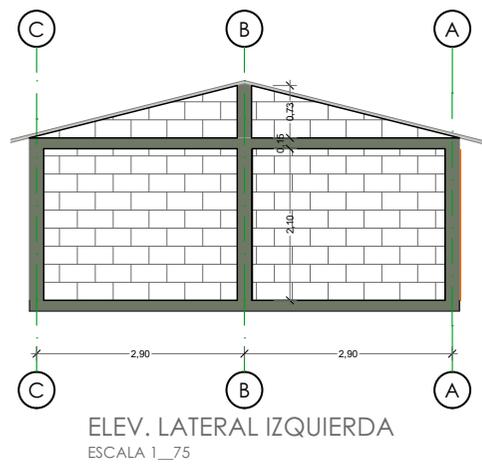
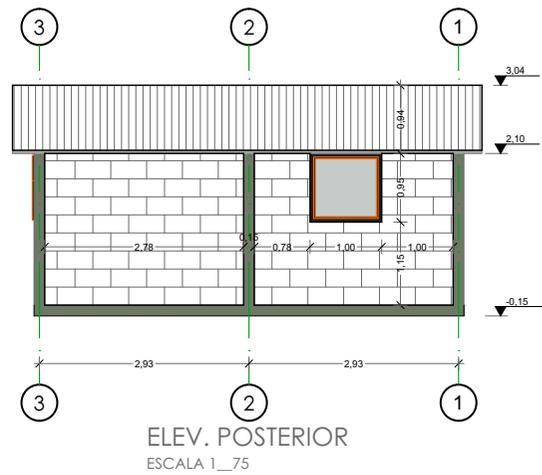
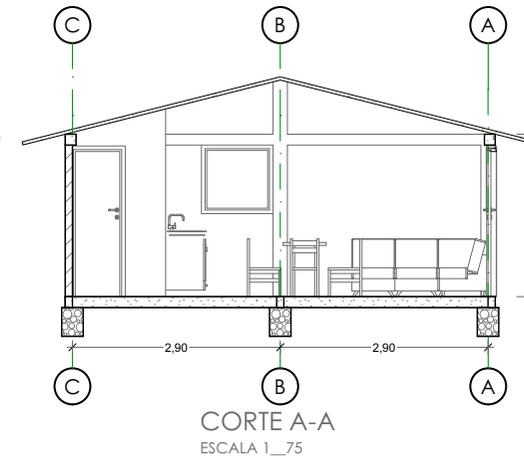
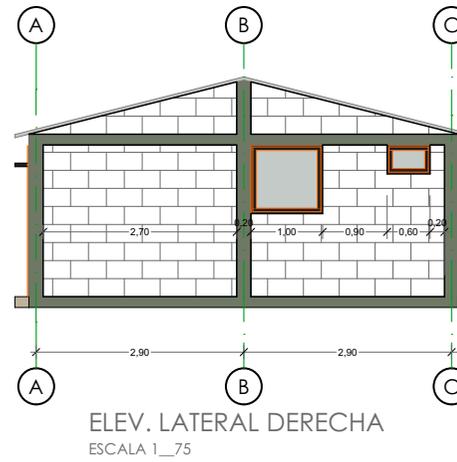
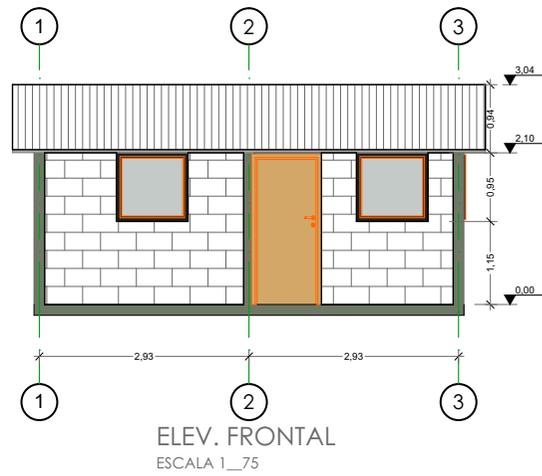


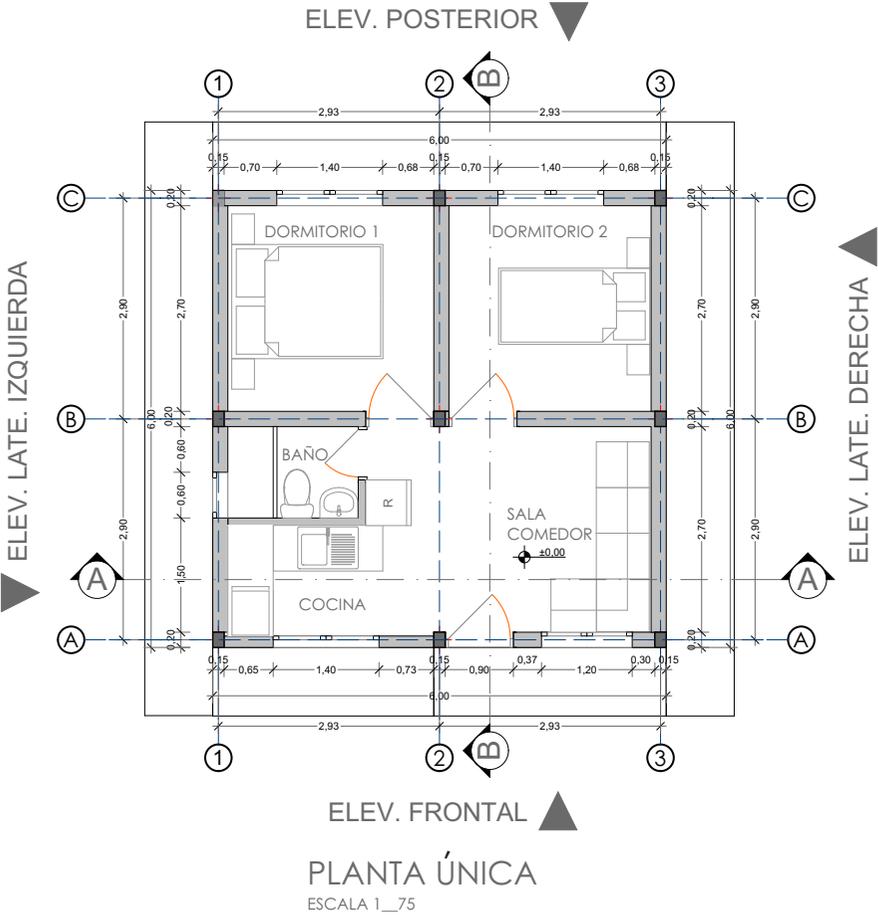
ELEVACION LATERAL DERECHA

Paredes de ladrillo de 0,20 cm, con buena inercia térmica, permite el almacenamiento de calor. Cubierta en dos niveles, permite el ingreso de sol al interior de la vivienda. En la cubierta se le añadió teja artesanal sobre el fibrocemento para ganar masa térmica y almacenar el calor.

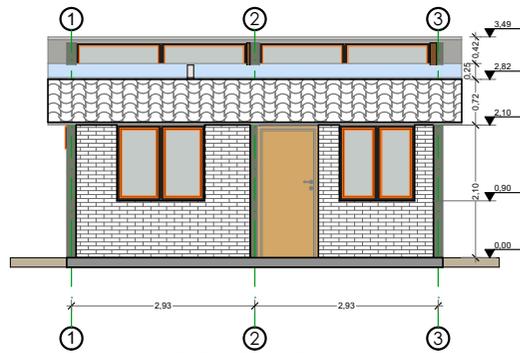


ELEVACIONES Y CORTES, ESTADO ACTUAL.

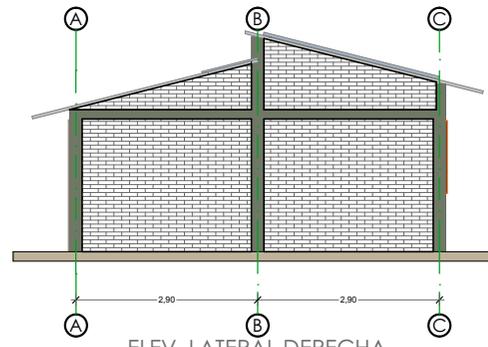




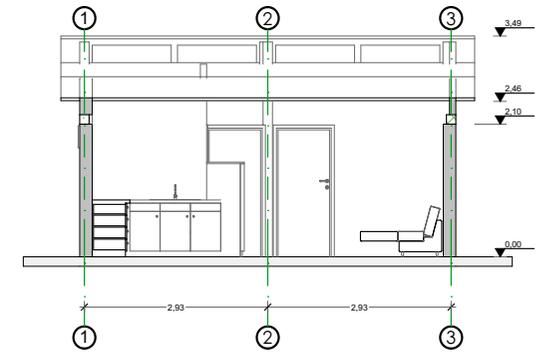
ELEVACIONES Y CORTES, PROPUESTA.



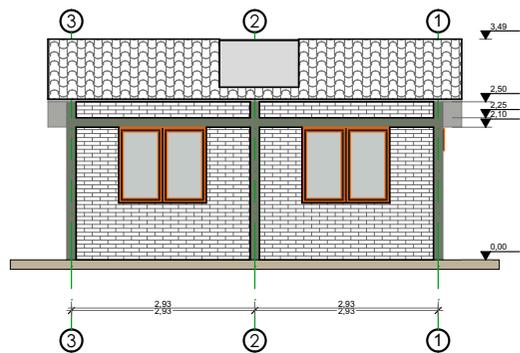
ELEV. FRONTAL  
ESCALA 1\_\_100



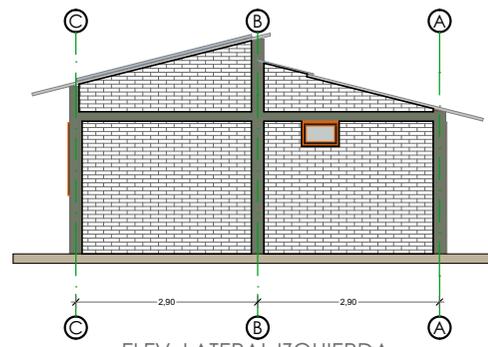
ELEV. LATERAL DERECHA  
ESCALA 1\_\_100



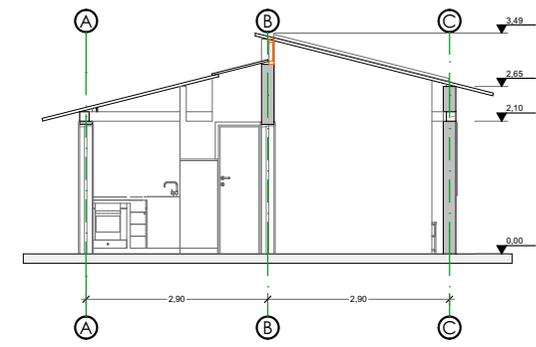
CORTE A-A  
ESCALA 1\_\_100



ELEV. POSTERIOR  
ESCALA 1\_\_100



ELEV. LATERAL IZQUIERDA  
ESCALA 1\_\_100



CORTE B-B  
ESCALA 1\_\_100

BIBLIOGRAFÍA.

Alvear, A., Peña, P., & Labus, J. (2013). Edificaciones Sustentables: Caso Ecuador. Revista Tecnológica-ESPOL, 26(2).

ASHRAE-55. (2004). ASHRAE STANDARD 55-2004: Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.

Bjørn, K. (1997). "Thermal Comfort" [<http://www.innova.dk/books/thermal/>].

Bustamante, W. (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. Monografías y ensayos.

CIBSE-A. (2006). Environmental design. The Chartered Institution of Building Services Engineers, London.

Cordero, X., & Guillén, V. (2012). Criterios bioclimáticos para el diseño de viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca. (Tesis profesional de arquitectura). Universidad de Cuenca, Cuenca.

Cuadernos de rehabilitación: Instituto valenciano de la edificación. (2011). Recuperado de <https://disenobioclimaticoybiomimetico.files.wordpress.com/2014/11/material-de-consulta.pdf>

Duplat, G. H. (2014). EKOTECTURA: Implicaciones de la sostenibilidad en la arquitectura del siglo XXI. Bogotá.

Espinosa, C. F., & Cortés, A. (2015). Confort higro-térmico en vivienda social y percepción del habitante.

García-Alvarado, R., González, A., Bustamante, W., Bobadilla, A., Muñoz, C. (2014). Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares. *Informes de la Construcción*, 66(533): e005, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.108>.

Harman, L. (2010). Confort térmico en vivienda altoandinas... un enfoque integral. Lima.

Kastillo, J., & Beltrán, R. (2015). Optimización energética para el aprovechamiento de la ventilación natural en edificaciones en climas cálidos del Ecuador.

Manual acondicionamiento térmico, criterios de intervención. (s.f.). Recuperado de <http://www.micasa-confortable.cl/img/Material/2/manual%20acondicionamiento%20ok.pdf>

Manzano, F., Montoya, F., Sabio, A., García, A. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.095>

Marincic, I., Ocho, J., & Del Rio, J., (2012). Confort térmico adaptativo dependiente de la temperatura y humedad. Recuperado de [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/12640/ACE\\_20\\_SA\\_11.pdf?sequence=7&isAllowed=y](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/12640/ACE_20_SA_11.pdf?sequence=7&isAllowed=y)

Miño, I., Gaona, G., Lovato, A., Naranjo, C., Labus, J., (2012). Implementation of GIS methodology and passive strategies to improve the quality of social housing in the Andean region of Ecuador. National Institute for Energy Efficiency and Renewable Energy.

Narváez, J., Quezada, K., & Villavicencio, R. (2015). Criterios bioclimáticos aplicados a los cerramientos verticales y horizontales para la vivienda en Cuenca. (Trabajo de grado previo a la obtención del título de arquitecto). Universidad de Cuenca, Cuenca.

Neila, J. (2000). Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias. Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/viewFile/1037/1056>

Neila, J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla - Lería.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. Capítulo 13: Eficiencia energética en la construcción en Ecuador. (2011). Recuperado de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energ3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>

Plan Nacional del Buen Vivir. Objetivo 3: Mejorar la calidad de vida de la población. (2013). Recuperado de <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivo-3.-mejorar-la-calidad-de-vida-de-la-poblacion>

Programa Nacional de Vivienda Social - PNVS. (s.f.). Recuperado de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DE-VIVIENDA-SOCIAL-9nov-1.pdf>

Rodriguez, M. (2008). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. Mexico: Limusa.

Serra, R., & Coch, H. *Arquitectura y Energía Natural*. (1995). Recuperado de <http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Arquitectura%20y%20energia%20natural.pdf>

Villalobos, R., & Schmidt, D. (2008). *Ética, Arquitectura y Sustentabilidad: Desafío en la arquitectura para el nuevo siglo*. Bío-Bío.