



EL DISEÑO INTERIOR CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD  
ARQUITECTÓNICA.

“ANÁLISIS FORMAL PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES Y OPTIMIZACIÓN DE  
LAS CONDICIONES DE CONFORT Y HABITABILIDAD EN ESPACIOS INTERIORES.”

TRABAJO DE GRADO:  
MAESTRIA EN ARQUITECTURA

ANA MARIA BERNAL  
TUTOR:  
MSC. ANDRES VALVERDE  
LÍNEA ARQUITECTURA SOSTENIBLE

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y ARTES  
MAESTRÍA EN ARQUITECTURA  
BOGOTÁ D.C. OCTUBRE 2016

## AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Piloto de Colombia. Por la ayuda y acompañamiento a mi tutor Andrés Valderde, al Director de la Maestría Rafael Francesconi, a Plutarco Rojas, a Sara Luciani, y todos los docentes que hicieron parte de este proceso.

DEDICATORIA

A mi familia por el apoyo durante este proceso.

## EL DISEÑO INTERIOR CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD ARQUITECTÓNICA.

Análisis formal para la selección de materiales y optimización de las condiciones de confort y habitabilidad en espacios interiores.

### RESUMEN

La relación entre la arquitectura y el diseño interior desde la bioclimática, está determinada por la materialidad y por la forma. La articulación y la coherencia entre las soluciones arquitectónicas y de diseño interior, desde la bioclimática optimizan las condiciones de habitabilidad, generan conexión entre el usuario y el espacio interior a través de la optimización del confort, y trae como consecuencia ciclos de vida mas largos de las edificaciones.

Esta investigación aporta una metodología para el desarrollo de una herramienta, que ayuda a tomar las correctas decisiones en la selección de materiales, para mejorar las condiciones de confort y habitabilidad de los espacios interiores.

La metodología propuesta establece unos criterios de selección de materiales para espacios interiores según el comportamiento térmico, lumínico y acústico, basado en el confort y la forma, a través de la ponderación de los coeficientes de los materiales y su comportamiento de acuerdo al clima. Partiendo de unos criterios formales de bioclimática se establecen unas generalidades y rangos recomendados para los principales climas de Colombia, y se representan para poder establecer comparativos entre los diferentes materiales.

Se plantean también los criterios de sostenibilidad para evaluar los materiales, según el uso de los recursos y los impactos negativos de cada material, con base en una calificación ya establecida, y se propone una forma de representación gráfica para comparar los materiales.

### PALABRAS CLAVE:

Materiales, bioclimática, confort, diseño interior.

## INTERIOR DESIGN WITH ARCHITECTURAL SUSTAINABILITY CRITERIA

Formal analysis for the best material selection and optimization of the conditions of comfort and habitability.

### ABSTRACT

The relationship between architecture and interior design is determined by the materiality and form, through bioclimatic conditions.

The articulation and coherence between the architectural and interior design solutions, from the bioclimatic analysis, optimize living conditions, generate connection between the user and the interior space through the optimization of comfort and It can result in buildings with longer life cycles.

This research provides a methodology for the development of a tool, which help in making the right decisions on the selection of materials, in order to improve the conditions of comfort and habitability of interior spaces.

The proposed methodology establishes criteria for the selection of materials for interior spaces, according to their behaviour towards thermal, lighting and acoustic conditions based on comfort and form, and through the weighing coefficients of the materials and their behaviour towards weather changes.

Starting with formal criteria of bioclimathology studies, this investigation seeks to establish ranges and generalities recommended for the climates of Colombia, in order to distinguish properties of each finishing material.

Based on the sustainability criteria arise to evaluate materials, the use of resources and the negative impacts towards environment, this investigation seeks to establish ratings for each material and a graphical representation to compare them against environmental impact.

### KEYWORDS:

Materials, bioclimathology, comfort, interior design.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
JUSTIFICACIÓN.....	2
HIPÓTESIS.....	3
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO HISTÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO CONCEPTUAL O ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA .....</b>	<b>7</b>
1.1.1 BIOCLIMÁTICA.....	8
1.1.2 CONFORT.....	8
-CONFORT TÉRMICO .....	10
-CONFORT LUMÍNICO .....	15
-FACTORES DE CONFORT DEL USUARIO .....	20
1.1.3. CLIMA.....	21
-CLIMA EN EL INTERIOR DE LOS ESPACIOS .....	21
-CLIMA EN COLOMBIA .....	22
<b>1.2. ANÁLISIS DE LA FORMA .....</b>	<b>26</b>
1.2.1 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS FORMAL.....	27
-LA COMPOSICIÓN .....	27
-LA ARQUITECTURA DE LA CONSTRUCCIÓN:.....	28
1.2.2 CRITERIOS DE ANÁLISIS FORMAL BASADOS EN LA BIOCLIMÁTICA .....	29
-ELEMENTOS FORMALES GENERALES DEL EDIFICIO .....	30
-ELEMENTOS FORMALES DE LA PIEL DEL EDIFICIO .....	30
-ELEMENTOS FORMALES DEL INTERIOR DEL EDIFICIO.....	31
<b>1.3. MATERIALES PARA EL INTERIOR DE LOS ESPACIOS .....</b>	<b>36</b>
1.3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN SUS PROPIEDADES: .....	37
-TÉRMICA DE LOS MATERIALES.....	38
-LUMÍNICA DE LOS MATERIALES.....	42
-ACÚSTICA DE LOS MATERIALES .....	43
1.3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES SEGÚN VALORES DE SOSTENIBILIDAD:.....	47
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA .....	48
<b>CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>51</b>
<b>2.1. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA .....</b>	<b>51</b>
<b>2.2. INSUMOS PARA EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA .....</b>	<b>54</b>
2.2.1 ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS PARA LAS ZONAS CLIMÁTICAS DE COLOMBIA .....	54
2.2.2 PROPUESTA DE INSTRUMENTO DE ANÁLISIS FORMAL .....	57
-EFECTOS BIOCLIMÁTICOS GENERALES DE LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS FORMAL .....	58
2.2.3 CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PARA ESPACIOS INTERIORES.....	62
-PONDERACIÓN DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....	65
<b>2.3. PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES .....</b>	<b>65</b>
2.3.1 SELECCIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN LOS CRITERIOS FORMALES.....	65
-CRITERIOS FORMALES: COMPARTIMENTACIÓN, CONEXIÓN, COLOR, TEXTURA.....	66
-CRITERIOS: FORMA, VOLUMEN, ORIENTACIÓN, PROPORCIÓN.....	71
2.3.2 SELECCIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.....	75
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS .....</b>	<b>79</b>
<b>3.1 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA Y COMPROBACIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>95</b>

**REFERENCIAS ..... 98****ANEXOS**

ANEXO 1 TABLAS DE VALORES (Lumínicos, térmicos, acústicos)	
ANEXO 2 MAPAS DEL CLIMA EN COLOMBIA	
ANEXO 3 TABLAS DE CRITERIOS FORMALES	
ANEXO 4 PONDERACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE PROPIEDADES DE MATERIALES	

**TABLA DE ILUSTRACIONES**

ILUSTRACIÓN 1 MAPA MARCO TEÓRICO 1	5
ILUSTRACIÓN 2 PARÁMETROS DE CONFORT	9
ILUSTRACIÓN 3 GRÁFICA DE CONFORT DE FANGER	12
ILUSTRACIÓN 4 ABACO PSICROMÉTRICO DE GIVONI	13
ILUSTRACIÓN 5 DIAGRAMA OLGYAY	14
ILUSTRACIÓN 6 GRÁFICA DE KRUIHOF	17
ILUSTRACIÓN 7 MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE COLOMBIA	24
ILUSTRACIÓN 8 BARRAS, LÁMINAS Y BLOQUES	27
ILUSTRACIÓN 9 RECINTO, PÓRTICO, AULA	28
ILUSTRACIÓN 10 COMPARTIMENTACIÓN	32
ILUSTRACIÓN 11 TABLA ELEMENTOS DE CONEXIÓN	32
ILUSTRACIÓN 12 TABLA ELEMENTOS DE CONEXIÓN -ESCALERAS	33
ILUSTRACIÓN 13 VOLUMEN	34
ILUSTRACIÓN 14 REFLEXIÓN DEL SONIDO	34
ILUSTRACIÓN 15 FORMA	35
ILUSTRACIÓN 16 PROPORCIÓN	35
ILUSTRACIÓN 17 ALTERACIÓN DE LOS ESPACIOS	35
ILUSTRACIÓN 18 TRANSFORMACIONES ADITIVAS	36
ILUSTRACIÓN 19 CUBIERTAS	36
ILUSTRACIÓN 20 COEFICIENTE DE ABSORCIÓN/FRECUENCIA	45
ILUSTRACIÓN 21 DIAGRAMA DE EFECTOS ACÚSTICOS SOBRE MATERIALES	46
ILUSTRACIÓN 22 MAPA DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA	53
ILUSTRACIÓN 23 TABLA DE ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS PARA ZONAS COLOMBIA	54
ILUSTRACIÓN 24 CUADRO DE CRITERIOS FORMALES	58
ILUSTRACIÓN 25 TABLA DE CRITERIOS DE ANÁLISIS FORMAL	58
ILUSTRACIÓN 26 TABLA CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES	62
ILUSTRACIÓN 27 TABLA CLASIFICACIÓN DE MATERIALES	64
ILUSTRACIÓN 28 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES A PONDERAR	65
ILUSTRACIÓN 29 TABLA DE PONDERACION DE VALORES DE COMPARTIMENTACIÓN	67
ILUSTRACIÓN 30 TABLA DE PONDERACION DE VALORES DE COMPARTIMENTACIÓN CUATRO CLIMAS	68
ILUSTRACIÓN 31 TABLA DE REPRESENTACIÓN DE VALORES DE ALTA Y BAJA COMPARTIMENTACIÓN	70
ILUSTRACIÓN 32 TABLA DE REPRESENTACIÓN DE VALORES COMPARTIMENTACIÓN Y LA MADERA.	71
ILUSTRACIÓN 33 TABLA DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS FORMALES EN ZONA FRÍA	73
ILUSTRACIÓN 34 TABLA DE PONDERACION DE VALORES DE PROPIEDADES EN ZONA FRÍA	74
ILUSTRACIÓN 35 TABLA DE REPRESENTACIÓN DE PROPIEDADES EN ZONA FRÍA	74
ILUSTRACIÓN 36 TABLA DE PUNTUACIÓN DE CRITEROS DE SOSTENIBILIDAD	76
ILUSTRACIÓN 37 PONDERACIÓN TABLA DE PUNTUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD MATERIALES	76
ILUSTRACIÓN 38 TABLA DE REPRESENTACIÓN DE CRITEROS DE USO DE RECURSOS	78
ILUSTRACIÓN 39 TABLA DE REPRESENTACIÓN DE CRITEROS DE IMPACTOS NEGATIVOS	78
ILUSTRACIÓN 40 PLANO DE CASA COMPROBACIÓN	79
ILUSTRACIÓN 41 REPRESENTACIÓN BAJA COMPARTIMENTACIÓN-MADERA-PIEDRA-COBRE	80
ILUSTRACIÓN 42 REPRESENTACIÓN ESTRATEGIAS CLIMA FRÍO /MADERA-PIEDRA -COBRE	81

ILUSTRACIÓN 43 REPRESENTACIÓN USO DE LOS RECURSOS	82
ILUSTRACIÓN 44 REPRESENTACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS	82
ILUSTRACIÓN 45 IMAGEN DEL MODELO DE COMPROBACIÓN	83
ILUSTRACIÓN 46 IMAGEN DE LAS ZONAS DE COMPROBACIÓN	83
ILUSTRACIÓN 47 IMAGEN COMPROBACIÓN TRAYECTORIA SOLAR	84
ILUSTRACIÓN 48 IMAGEN COMPR. CONFORT ZONA SOCIAL SUPERFICIE REVESTIMIENTO COBRE	85
ILUSTRACIÓN 49 IMAGEN COMPROBACIÓN CONFORT ZONA SOCIAL SUPERFICIE REVEST. MADERA	85
ILUSTRACIÓN 51 IMAGEN COMPROBACIÓN REVESTIMIENTO SUPERFICIE REVESTIMIENTO COBRE	87
ILUSTRACIÓN 52 IMAGEN COMPROBACIÓN REVESTIMIENTO SUPERFICIE REVESTIMIENTO MADERA	87
ILUSTRACIÓN 53 IMAGEN COMPROBACIÓN REVESTIMIENTO SUPERFICIE REVESTIMIENTO PIEDRA	88
ILUSTRACIÓN 54 IMAGEN SIMULACIÓN DE ILUMINACIÓN	89
ILUSTRACIÓN 55 IMAGEN RESULTADOS SIMULACIÓN DE ILUMINACIÓN	89
ILUSTRACIÓN 56 IMAGEN SIMULACIÓN ACÚSTICA. REFLEXIONES. DB POR M/S	91
ILUSTRACIÓN 57 IMAGEN SIMULACIÓN ACÚSTICA. TIEMPO DE REVERBERACIÓN. M/S POR H Y KH	92
ILUSTRACIÓN 58 IMAGEN SIMULACIÓN ACÚSTICA. DESPLAZAMIENTO DE PARTÍCULAS	93



## INTRODUCCIÓN

### **El diseño interior con criterios de sostenibilidad arquitectónica.**

En el marco de la línea de Arquitectura Sostenible, el interés de relacionar el diseño interior y la arquitectura desde el eje de la sostenibilidad y la bioclimática, proviene de la necesidad y búsqueda del confort en los espacios interiores.

Los parámetros ambientales de confort son las características de un espacio determinado que pueden valorarse en términos energéticos y que resumen las acciones que, en dicho espacio reciben las personas que lo ocupan.

El control del entorno y la creación de condiciones adecuadas a sus necesidades y al desarrollo de sus actividades son cuestiones que el hombre se ha planteado desde sus orígenes. A lo largo del tiempo, los hombres han buscado, en la construcción de sus refugios, satisfacer las necesidades humanas básicas: la protección ante los elementos y la provisión de un espacio dotado de una atmósfera favorable para el recogimiento espiritual. (Olgay, 1998, p. IX).

Aunque el diseño arquitectónico determina la relación con el entorno, y con el clima, es en el interior donde a través de la forma y la materialidad el hombre tiene la relación directa con el entorno diseñado, es donde los parámetros de confort entendidos como objeto del diseño se aplican para conseguir bienestar en el espacio. La conformación del espacio en términos perceptivos y estéticos, es donde se entienden la luz, el calor y el sonido como transmisores de información, medibles y cuantificables dentro de un espacio específico.

La falta de articulación entre la arquitectura y el diseño interior, y el desconocimiento de la incidencia y propiedades de los materiales con relación a las características formales de los espacios interiores los cuales optimizan las condiciones de confort, así como el desconocimiento de criterios de sostenibilidad, constituyen una problemática que afecta el resultado esperado.

Partiendo de esa problemática se plantea como hipótesis que: las relaciones desarticuladas entre la arquitectura y el diseño interior desde la bioclimática, pueden traer consecuencias negativas en los edificios como falta de confort para los habitantes, edificios enfermos y derroche energético.

La coherencia entre las soluciones arquitectónicas y de diseño interior, desde la bioclimática optimizan las condiciones de habitabilidad, generan conexión entre el usuario y el espacio

interior a través de la optimización del confort, y trae como consecuencia ciclos de vida mas largos de las edificaciones.

Los principales ejes temáticos que se tratan en esta investigación son la bioclimática, el confort, la forma arquitectónica desde la bioclimática, materiales y los criterios de sostenibilidad.

Partiendo de éste marco teórico, esta investigación aporta el desarrollo de una metodología para desarrollar una herramienta, que ayuda a tomar las correctas decisiones en la selección de materiales a partir del análisis formal arquitectónico. Para poder proponer esta herramienta, se deben identificar: los criterios para analizar las características de los espacios, los criterios de análisis formal bioclimático en interiores y las características de los materiales según el comportamiento térmico, acústico y lumínico, e identificar los criterios de sostenibilidad de los materiales.

La metodología general de la investigación es **Analítica descriptiva**, se utiliza el análisis formal con los criterios de bioclimática para estudiar los espacios de forma individual y por zonas climáticas de Colombia. Y el **Método Inductivo**: partiendo de los datos particulares de las características individuales de las formas en los espacios y de las propiedades de los materiales, se llega a conclusiones generales que sirven como datos de entrada, que van a alimentar la herramienta de selección de materiales.

En la aplicación de la metodología de la herramienta se tienen en cuenta las siguientes variables:

1. El análisis del clima
2. La confrontación con la síntesis de los requerimientos de confort.
3. El estudio de criterios y estrategias arquitectónicas de bioclimática para interior (coherentes con las estrategias arquitectónicas y de envolventes).

## JUSTIFICACIÓN

La falta de articulación entre la arquitectura y el diseño interior.

El desconocimiento de la incidencia y propiedades de los materiales con relación a las características formales de los espacios interiores que optimicen las condiciones de confort.

## HIPÓTESIS

Las relaciones desarticuladas entre la arquitectura y el diseño interior desde la bioclimática, pueden traer consecuencias negativas en los edificios como falta de confort para los habitantes, edificios enfermos, derroche energético, y edificios con ciclos de vida muy cortos.

## OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un instrumento, que ayude a tomar las correctas decisiones en la selección de materiales a partir del análisis formal arquitectónico, para mejorar las condiciones de confort y habitabilidad de los espacios interiores.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

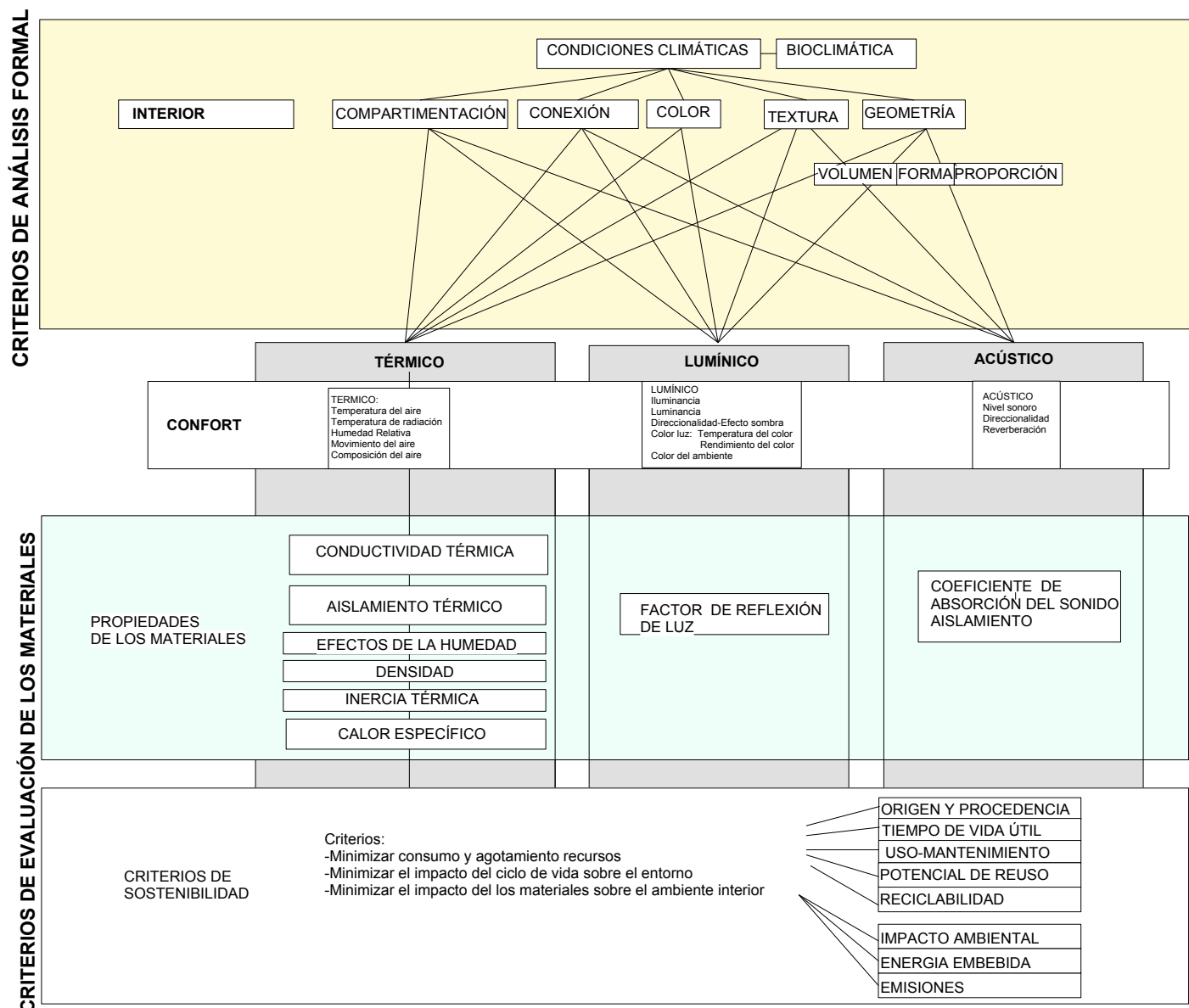
- Analizar las características de los espacios según los criterios de análisis formal bioclimático en interiores, que mejoren las condiciones de confort.
- Identificar las características de los materiales según criterios de comportamiento térmico, acústico y lumínico.
- Identificar los criterios de sostenibilidad de los materiales para poder evaluarlos, y ponderarlos.
- A través de un espacio arquitectónico poder comprobar la herramienta.

## **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO**

El primer capítulo de la investigación se centra en estado del arte que sirve como marco teórico en la relación del diseño interior y la arquitectura desde el eje de la sostenibilidad y la bioclimática, contextualizados dentro de la realidad climática de Colombia, para así analizar un ámbito de aplicación real, para hacer una síntesis de los requerimientos de confort y unas recomendaciones de estrategias arquitectónicas de bioclimática para espacios interiores.

A continuación se presenta un mapa de los temas que se tratan en el marco teórico y la manera como se relacionan desde dos ejes temáticos principales que son los criterios de análisis formal y los criterios de evaluación de los materiales. Siendo cruzados de manera transversal por los ejes temáticos de la térmica, lumínica y acústica, y los requerimientos de confort.

Ilustración 1 Mapa marco teórico 1



Fuente: Elaboración propia

## MARCO HISTÓRICO

(Olgyay, 1998), uno de los principales autores tomado como referencia de esta investigación, desde los años cincuenta ha analizado y escrito sobre la relación entre la arquitectura y la energía, y sus implicaciones. Hace un análisis de temas pertenecientes a otras disciplinas como la biología humana, la meteorología y la ingeniería, aplicable al diseño arquitectónico, con el objetivo

principal de optimizar el confort, y presentar una relación entre el clima y el ser humano. Aunque la versión original de este libro se escribe en 1963, es en la década de los setenta a raíz de la crisis energética que se empieza a conocer y a aplicar.

Con base en esa investigación se han desarrollado conceptos como arquitectura pasiva, arquitectura bioclimática y arquitectura sostenible. Se ha profundizado en la forma y las fuerzas del entorno y sus impactos sobre las edificaciones, es así que autores como (Serra & Coch, 1991), profundizan en temas como la relación del entorno con la arquitectura y el hombre, planteando al igual que (Olgyay, 1998) unas formas arquitectónicas ideales para problemas climáticos específicos. (Serra & Coch, 1991) ha detallado en características formales generales de los edificios, de la piel y del interior.

(Givoni, 1969) también plantea un diagrama de confort, formas arquitectónicas y criterios de construcción ideales para diferentes climas.

En el contexto latinoamericano, la investigación Selección de materiales en la concepción arquitectónica Bioclimática (Gonzalez Cruz, 2003), define características térmicas de los materiales, en términos de la efusividad y difusividad de estos, y se enfoca en realizar una síntesis evaluativa de comportamiento térmico de configuraciones y combinaciones de materiales para paredes, techos y pisos. Estas evaluaciones las hace sobre simulaciones numéricas y observación de características térmicas en el interior de los espacios. Esta investigación concluye que el comportamiento global de los cerramientos desde el punto de vista térmico depende de manera significativa de la ventilación, y las combinaciones de materiales entre aislantes y materiales densos (en caras interiores o exteriores), y plantea las diferencias de comportamiento según la disposición de los materiales.

Otras herramientas de selección de materiales son los programas de cálculo y comparación, así como la gran cantidad de bases de datos sobre materiales en plataformas compatibles con programas de simulación. Algunas de las bases de datos mas usadas actualmente son:

MAT WEB ([www.matweb.com](http://www.matweb.com)): Es una base de datos y conocida herramienta de comparación, se pueden descargar la propiedades de los materiales para incorporarlas a los simuladores.

MATERFAD (<http://es.materfad.com/>): Centro de materiales de Barcelona, se caracteriza por detectar familias de materiales y nuevos descubrimientos. Se pueden descargar las propiedades de los materiales.

MATREC: (<http://matrec.ca/en/>) Eco materials library, Su énfasis es la innovación sostenible de materiales, y presenta códigos del material, categorías, ciclo de vida de cada material y descripción.

MATBASE: (<https://www.matbase.com/>): Presenta una base de datos para comparar propiedades, por familias de materiales comparando propiedades ambientales.

MAKELTFROM: (<http://www.makeitfrom.com/>). Compara materiales genéricos reconocidos internacionalmente.

GRANTA: (<http://www.grantadesign.com>) Material intelligence. Nace como spin-out de la Universidad de Cambridge, y desarrolla CES selector que además de evaluar propiedades, costos, obsolescencia de materiales, contiene un módulo que integra los impactos o beneficios ambientales, involucra el ciclo de vida, y orientación para reducir el impacto ambiental desde la bioclimática.

Para contextualizar esta investigación y ponerla en la realidad de Colombia, se toma la referencia de clasificación del clima en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012) y los desarrollos que se han hecho en materia de criterios formales arquitectónicos ideales para cada clima, confrontándolo con los textos de los autores nombrados anteriormente.

Dentro del marco de la línea de arquitectura sostenible, el planteamiento que se hace es sobre los materiales al interior de los espacios y las soluciones del diseño interior con criterios de sostenibilidad arquitectónica. Estos criterios implican la revisión de temas como la bioclimática, sostenibilidad, el confort, y el clima en Colombia.

## **MARCO CONCEPTUAL O ESTADO DEL ARTE**

### **1.1 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA**

Este capítulo de la investigación tiene el propósito de presentar los conceptos de bioclimática, confort y clima en Colombia, las implicaciones que desde la arquitectura tiene su análisis, y las consecuencias para el hombre que la habita.

En todas las edificaciones los impactos climáticos del exterior traspasan la piel de los edificios antes de afectar las condiciones del interior.

La masa del material de los cerramientos absorbe y transmite los efectos del clima al interior de acuerdo a sus propiedades, que a su vez tienen un comportamiento frente a estos efectos.

### 1.1.1 BIOCLIMÁTICA

La bioclimática está basada en el estudio del clima y cómo los efectos del medio ambiente inciden directamente tanto en la vida como en la salud del hombre.

La arquitectura vernácula, en diferentes culturas, está basada en los principios de la bioclimática y condiciones de la naturaleza.

Atender las necesidades materiales, intelectuales y emocionales del hombre desde la arquitectura, son finalmente las características que van a generar el confort, entendido como parte fundamental de la arquitectura y el interiorismo, donde los edificios y espacios constituyen sistemas de interacción en relación con el medio ambiente desde el sentido material y energético.

El hombre siempre buscó en la arquitectura una manera de protegerse, del sol, de la lluvia, del calor y del frío. La creación de espacios capaces de satisfacer sus necesidades, en la busca de confort en varios niveles para el desarrollo de sus actividades. Por ejemplo en los espacios habitables debe mantenerse una temperatura confortable, la calidad del aire, niveles de luz requeridos, un bajo nivel de ruido y estímulos ópticos acordes entre sí. La arquitectura bioclimática busca generar espacios con óptimas condiciones de confort y bienestar, incorporando determinantes de diseño que permitan la interrelación de variables climáticas para lograrlo.

### 1.1.2 CONFORT

Siendo un objetivo principal en esta investigación la optimización del confort y la habitabilidad de los espacios interiores, a través de la selección de los materiales, se citan algunos autores que definen el confort de los espacios y lo clasifican de la siguiente manera:

(Neila, 2004) en su libro *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*, plantea que:

El ser humano realiza sus actividades en ambientes rodeados de estímulos, que pueden ser higrotérmicos, acústicos, lumínicos u olfativos, y que los órganos receptores se ven estimulados transmitiendo una señal hacia el cerebro. Esos estímulos provocarán reacciones placenteras o molestas y de esta manera se puede calificar al ambiente como confortable o no confortable. (Neila, 2004, p. 177).

La palabra confort se refiere a un estado ideal de bienestar, salud y comodidad del ser humano, en la cual no existe ninguna molestia o distracción que lo perturbe física o mentalmente.



Los parámetros ambientales de confort son las características de un espacio determinado que pueden valorarse en términos energéticos y que resumen las acciones que en dicho espacio reciben las personas que lo ocupan.

Los parámetros de confort entendido como objeto del diseño se aplican en dos niveles sucesivos: primero, conseguir bienestar en el espacio y segundo la conformación del espacio en términos perceptivos y estéticos; es decir entender **la luz, el calor y el sonido** como transmisores de información. Todos estos elementos son medibles y cuantificables dentro de un espacio específico. Parámetros y factores de Confort:

Los **parámetros ambientales de confort** son manifestaciones energéticas, que expresan las características físicas y ambientales de un espacio habitable, independientemente del uso del espacio y de sus ocupantes. Estos parámetros pueden ser **específicos** de cada uno de los sentidos (térmicos, acústicos o visuales), y ello permitirá que, en muchos casos, se puedan "calcular" con unidades físicas ya conocidas (grado centígrado, decibelios, lux, etc.). (Serra & Coch, 1991, p. 79)

(Serra, 1999) en su libro Arquitectura y Climas plantea que en el confort intervienen parámetros y factores diversos que resultan decisivos. En el ámbito del confort térmico, acústico y lumínico, estas condiciones pueden variar con el tiempo y el espacio y pueden clasificarse en:

Ilustración 2 Parámetros de Confort

TIPO	CONCEPTO	SÍMBOLO	UNIDAD	RANGOS
VISUALES	iluminancia	E	lux	alto/bajo
	luminancia	L	-	alto-bajo
	direccionalidad	-	-	difuso dirigido
	color: temperatura	TC	K	frío/calido
	rendimiento	IRC	%	bueno/malo
	color del ambiente	-	-	neutro/vivo
ACÚSTICOS	nivel sonoro	N	dB	Alto/bajo
	Tono (frecuencia)	f	hz	Alto/bajo
	Timbre (comp espectral)	-	-	Agudo/grave
	Direccionalidad	-	-	Difuso/dirigido
	Reverberación (tiempo)	Tr	s	Alto/bajo
CLIMÁTICOS	temperatura: aire	ta	°c	alto /bajo
	radiación	tr	°c	alto/bajo
	humedad relativa	hr	%	húmedo/seco

movimiento del aire	v	m/s	fuerte/flojo
composición del aire	-	-	limpio/sucio

Elaboración propia. Fuente: (Serra, 1999, p. 14)

### -CONFORT TÉRMICO

Se refiere a las condiciones de bienestar en el individuo, desde el punto de vista de su relación de equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad de un lugar determinado.

Para Olgay (1998) el límite mayor de temperatura que puede soportar el hombre se da en el punto de insolación por la radiación solar y el límite mínimo, es el punto de congelación; así diferentes autores realizan planteamientos sobre el ideal de zona de confort combinando los efectos de la temperatura, la humedad y el movimiento del aire. Aunque existen muchos planteamientos con diferentes rangos, se llega a que la temperatura ideal está entre los 17,2°C y 21,7°C. Sin embargo, estos estándares varían ya que en el trópico los parámetros van de 23,3°C a 26,7°C.

En un espacio el aire condiciona la sensación térmica debido a su temperatura, su contenido de vapor de agua (humedad relativa) y su movimiento (velocidad del aire). Así, si la humedad del aire es baja permite una mayor evaporación de la humedad de nuestra piel (sudor). De la velocidad del aire también se puede hacer una valoración aproximada, ya que cada 0,3 m/s de velocidad del aire equivale al descenso de 1°C en la sensación térmica de la persona sometida a esta corriente de aire. (Olgay, 1998)

(Szokolay, 2004) define los factores y parámetros básicos que influyen directamente en los porcentajes de pérdida de calor del cuerpo humano, afectando el bienestar térmico así:

**-Temperatura del aire (Ta):** Se refiere al estado térmico del aire a la sombra. Es decir los valores de la temperatura del aire que se consideran aceptables en el interior de los espacios de las viviendas, aunque algunos de estos valores varían según el tipo de actividades que se realizan.

**-Humedad relativa (Hr):** Es la cantidad de agua que contiene el aire y que afecta la sensación térmica. Es uno de los parámetros sobre el cual se puede intervenir realizando correcciones en el diseño, o incorporando sistemas de acondicionamiento. La humedad relativa puede causar en las personas sensación térmica que impide que se pierda calor por evaporación de agua, generando incomodidad por el sudor, y si el porcentaje de humedad es muy baja puede producir deshidratación.

**-Temperatura media radiante (T<sub>mr</sub>):** Influye en el nivel de temperatura de sensación.

Es definida con la temperatura media irradiada por las superficies envolventes de un espacio a su interior. La temperatura radiante de las paredes, el suelo y la cubierta de una habitación puede dar una sensación de calor o frío independiente de la temperatura del aire contenido en su interior. Si la suma de la temperatura de las superficies de un espacio es mayor que la temperatura de una persona, sentirá calor y si es mas baja sentirá frío, en este caso el calor corporal será irradiado hacia las superficies envolventes. (Simancas, 2003, p. 6)

(Simancas, 2003) en su tesis cita al Department de Construccions Arquitectoniques I ETSAB, 1998, que sostiene que los rangos establecidos para la temperatura radiante no son muy grandes, así la diferencia entre la temperatura ambiente y las paredes no debe ser superior a 3°C , y con el techo no debe ser mayor a 2°C. Exceptuando vidrios, puertas y claraboyas.

**-Velocidad del aire (V):** En el reacondicionamiento pasivo es muy importante ya que se pueden aprovechar las corrientes para calentar o refrescar los espacios. Puede ayudar a reducir la humedad y la ventilación de los espacios modificando la sensación térmica de los ocupantes.

**-Tasa metabólica (M):** Factor térmico relacionado con la capacidad del cuerpo de producir calor.

**-La ropa (Clo):** Factor de protección y obstaculización energética frente a la radiación solar, es decir que incide en el equilibrio térmico entre una persona y el medio que la rodea.

La unidad mas utilizada para medir el nivel de arropamiento o de aislamiento térmico se conoce como clo.  $1 \text{ clo} = 0,16 \text{ m}^2 \text{ C/W}$ .

**Balance Térmico:** El confort térmico busca el equilibrio térmico entre el hombre y su medio ambiente, para lo cual regula la producción y pérdida de calor de los procesos metabólicos y los intercambios por radiación, convección o conducción que se dan entre el cuerpo humano y los elementos que conforman el entorno inmediato.

Para Olgay (1998), el equilibrio térmico se ha expresado así:

$O = M + C_d + C_v + R + E$ , donde:

O= Equilibrio térmico

M= calor metabólico por unidad de tiempo

C<sub>d</sub>= ganancia o pérdida de calor por conducción

C<sub>v</sub>= Ganancia o pérdida de calor por convección

R= Ganancia o pérdida de calor por radiación

E= pérdida de calor por evaporación.

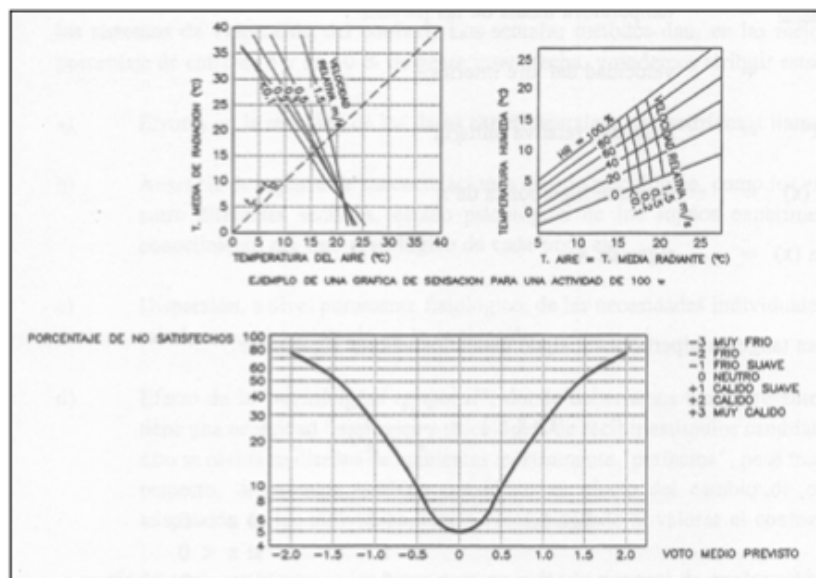
El diseño bioclimático aprovecha los elementos de transmisión térmica, para mejorar las condiciones del lugar.

### Evaluación de un ambiente térmico

Para medir el ambiente térmico se usan diferentes herramientas que permiten identificar la incidencia de factores y parámetros sobre el equilibrio térmico:

El Índice de Fanger: analiza desde el punto de vista de percepción y las variables que utiliza para el ambiente son: la temperatura del aire, la temperatura media radiante, la presión de vapor del agua y el viento. Y las variables que utiliza para las personas son: la actividad y la resistencia térmica de la ropa.

Ilustración 3 Gráfica de confort de Fanger



Fuente: (Serra & Coch, 1991, p. 89)

El ábaco psicrométrico de Givoni determina la zona de confort en función de diferentes parámetros ambientales y se establecen unas zonas de posible corrección, por efecto del movimiento del aire, de la radiación, inercia térmica o de la refrigeración evaporativa.

Según Givoni la fórmula para encontrar el punto de confort es:

$$S = [(M - W) + C + R] * (1 / r_e)$$

S=grado de sudación requerido, en equivalente kcal/h.

M: Metabolismo. Kcal/h

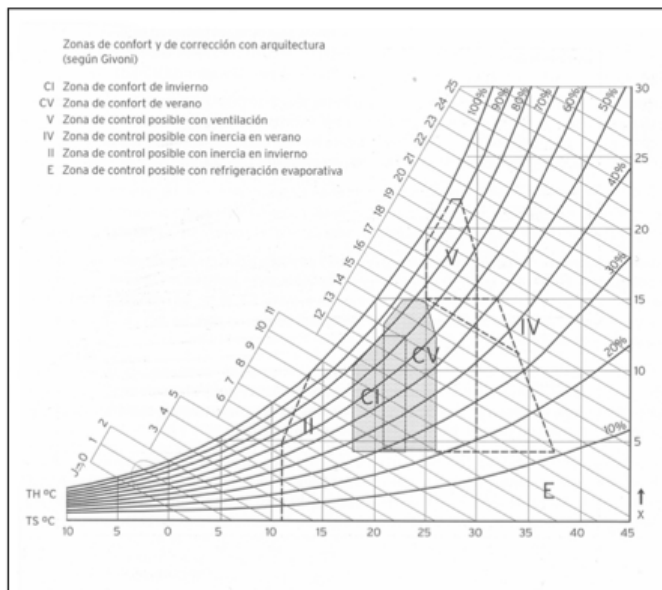
W: Energía metabólica transformada en trabajo mecánico Kcal/h

C: Intercambio de calor por convección Kcal/h.

R: Intercambio de calor por radiación. Kcal/h.

re: Rendimiento evaporativo del sudor. Sin dimensión.

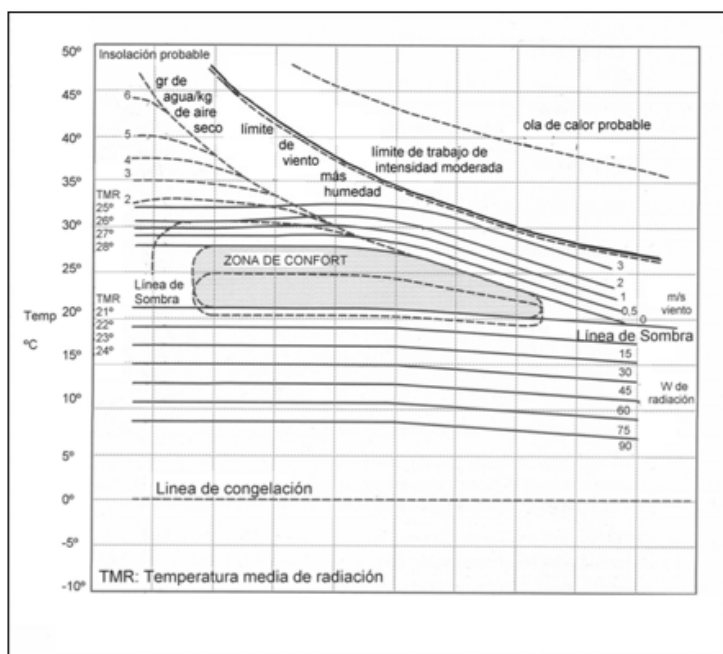
Ilustración 4 Abaco psicrométrico de Givoni



Fuente: (Serra & Coch, 1991, p. 88)

La gráfica de Olgyay define la zona de confort, las variables que la afectan y los mecanismos correctores señalan los valores medios de temperatura, humedad relativa, temperatura radiante y velocidad del viento. Se introducen también los valores medios de parámetros climáticos.

Ilustración 5 Diagrama Olgay



Fuente: (Olgay, 1998, p. 22)

### Modelos de confort térmico:

La importancia de los Modelos de Confort en esta investigación es que van a servir como fundamento de condiciones de confort y van a ser las determinantes de habitabilidad dentro de las zonas climáticas de Colombia. También servirán como base para poder establecer las estrategias bioclimáticas.

Se han desarrollado diferentes teorías como la del Confort térmico adaptativo y estándares térmicos sostenibles para edificaciones, presentadas por (Nicol, 2000, pp. 45-48) donde explora las diferencias entre el confort térmico de adaptación y los índices racionales. El planteamiento (Szokolay, 2004, pp. 46-49) en el libro THERMAL CONFORT propone que el hombre al vivir en entornos artificiales reduce la capacidad de adaptabilidad y la condición previa para el bienestar humano en términos de productividad y salud. Así mismo el equilibrio de las condiciones fisiológicas, son importantes para la aclimatación.

El caso de la normativa ASHRAE <sup>1</sup>, define unos estándares de confort sostenible, determinando la relevancia de los cambios metabólicos en las personas y la ropa como variables; y plantea unos estándares sostenibles de confort en edificaciones ventiladas, tanto artificial como naturalmente, haciendo la salvedad de que los edificios ventilados naturalmente no proporcionan estabilidad térmica. Esta normativa tiene efectos también sobre los efectos de consumo energético en los edificios, incrementando sus valores de sostenibilidad.

Metodología ASHRAE la metodología de medición que utiliza la normativa ASHRAE está basada en varios criterios:

- Temperatura operativa: son las combinaciones de temperatura del aire y temperatura radiante que son aceptables.
- Método gráfico: donde se reflejan las actividades de los ocupantes y sus niveles metabólicos (1.0 -1.3) y nivel de abrigo medido en CLO. (0.5-1)
- Límites de humedad
- Velocidad del aire elevada: necesaria para compensar los aumentos de temperatura. Ya que para que esté dentro de la zona de confort la velocidad del aire no puede superar los 0.8 m/seg.
- Diferencia de temperatura en cabeza y pies.
- Temperatura del piso

Variaciones de temperatura y tiempo.

- Ciclos y variaciones. (Cambios de temperaturas).

El método para determinar las condiciones térmicas aceptables en espacios naturalmente acondicionados depende de las siguientes variables:

- Opción de apertura de ventanas. (Control del ocupante)
- Ropa y actividad
- Descripción de las variables térmicas: temperatura del aire, temperatura local del aire, medidas de períodos de temperatura(estabilidad), velocidad del aire, temperatura de ciclos derivados.
- Condiciones de medición.
- Equipos de medición.

## -CONFORT LUMÍNICO

Condiciones de diseño: la luz siempre ha estado vinculada al bienestar y la salud y los espacios iluminados son considerados como más sanos y confortables.

---

<sup>1</sup> **ASHRAE Standard 55** (American Society of heating, Refrigerating and air conditioning engineers). 2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

La luz es la parte de la energía radiante que produce un estímulo en el ojo y permite la visión de los objetos. Esta variable depende del ojo que es considerado como el medio mas importante de comunicación de el hombre para poder desempeñar cualquier actividad. Para que la luz pueda ser percibida es necesario estimular el ojo por la luz que reflejan los objetos y superficies. De ahí la importancia de la selección de los materiales y sus características de reflexión de la luz y el color en el interior de los espacios.

El nervio óptico es el encargado de llevar las señales al cerebro para poder interpretar distancias, intensidades, colores, volúmenes y espacios. Para analizar el factor lumínico y visual se deben tener en cuenta los factores personales como los parámetros fotométricos y los valores preestablecidos como adecuados para el desarrollo de ciertas actividades en diferentes espacios.

La capacidad de visualización de objetos, superficies y personas, depende también de las respuestas de acomodación, fatiga visual, agudeza visual, contraste y tiempo de percepción.

#### **Los parámetros fotométricos y colorimétricos:**

Los factores que influyen en el confort visual y lumínico son: la situación geográfica, la edad y la capacidad visual de la persona.

Los parámetros ambientales y arquitectónicos son los fotométricos y colorimétricos. Los mas importantes son la cantidad de luz o luminancia, el deslumbramiento y el color de la luz.

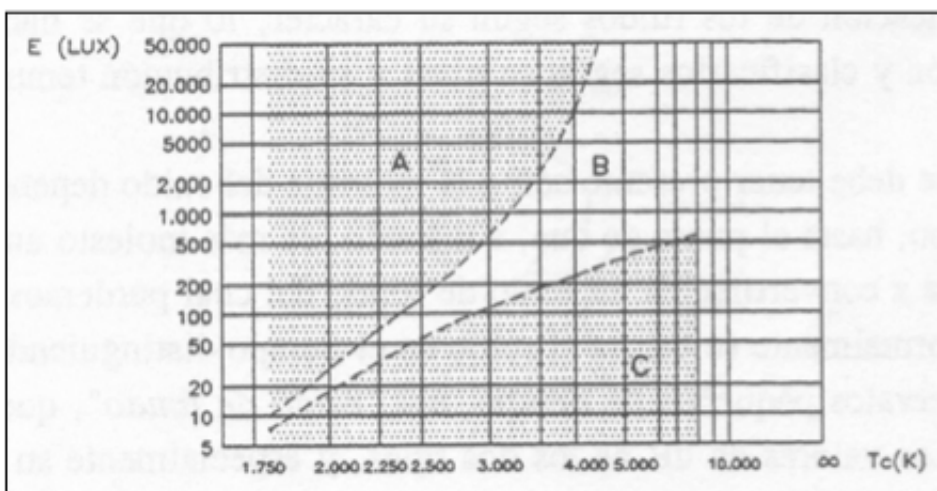
#### **Intensidad Luminosa: (I)**

“Es el concepto de intensidad radiante y mide el flujo radiante o luminoso que se propaga a través de un ángulo sólido”. (Neila, 2004, p. 182)

Es entendida como la cantidad de luz que puede emitir una fuente en una determinada dirección, puede ser medida a razón de 1 lumen/estereorradián, su unidad de medida es la candela (cd). Simancas (2003) cita a Steegmann (1986), quien asegura que la adaptación visual del ojo humano a las intensidades de iluminación está relacionada con el color de la luz manejado y con los medios para oscurecer o tamizar la luz natural y expone en el libro las Medidas de la Arquitectura, las curvas de Kruithof donde se relaciona la iluminancia con la temperatura del color y define una zona de mayor compatibilidad entre ambas.



Ilustración 6 Gráfica de Kruithof



Fuente: (Simancas, 2003, p. 18)

### Iluminancia (E)

Es el nivel de iluminación de un espacio, es decir la cantidad de luz o flujo luminoso (lm) que influye sobre un cuerpo, se expresa como **lux**. El **flujo luminoso** es la cantidad de energía radiante (luz) en la unidad de tiempo de su flujo. Se mide en **lumens (lm)**.

Se deben conocer los niveles de iluminancia de un espacio para poder evaluar los requerimientos para el desarrollo de actividades. En los espacios interiores el valor de la iluminancia es medido a 75 cms de altura generalmente (donde se estiman las zonas de trabajo). (Ver Anexo 1 Tabla de valores de iluminancia).

### Luminancia (L)

Corresponde al concepto de radiancia y es la intensidad luminosa recibida por unidad de superficie, se mide en candelas por metro cuadrado, de tal manera, “Los objetos se perciben gracias a que existe contraste de luminancias entre ellos, el exceso de luminancias o la luminancia excesiva puede provocar el deslumbramiento.” (Neila, 2004, p. 182).

Manejar los valores de iluminancia y de luminancia registrados en el interior, incide en la selección y uso de determinados colores y materiales y puede reducir los niveles lumínicos que llegan al interior, ayudando al control de diferencias lumínicas entre interior y exterior.

### Parámetros de Confort Visual y lumínico:

**Contraste y deslumbramiento:** Brillo del objeto y el del fondo, el contraste es necesario para distinguir los objetos del entorno, a mayor contraste, menor es el tiempo para distinguir el objeto y la percepción es mejor.

El deslumbramiento es cuando existe demasiado contraste entre la luminosidad de la superficie y su contorno. Puede llegar a ser perturbador o molesto.

**Color:** El color percibido por los ocupantes de un espacio está relacionado con sus emociones, su estado anímico y sus respuestas fisiológicas, es decir, con las condiciones de confort psicológico que pueden llegar a determinar la productividad, eficiencia, estado de ánimo y salud.

El color de la luz como parámetro de confort visual es frecuentemente analizado tomando en cuenta la temperatura del color y el índice de rendimiento. La escogencia de la temperatura del color depende las actividades que se vayan a realizar, de la luz natural y de las condiciones climáticas. (Ver Anexo 1, Tabla de valores de iluminancia por espacios).

**Principios de diseño de iluminación:** El punto de partida de diseño que se tiene en cuenta es el aprovechamiento del mayor número de horas de luz natural, en la mayor superficie del edificio posible. Dentro de éste principio se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- Alcanzar los niveles de iluminación suficiente en cualquiera de los planos de trabajo.
- Evitar los reflejos que produzcan deslumbramientos.
- Relacionar el ambiente interior con el ambiente exterior.

Para poder optimizar estas condiciones de iluminación además del planteamiento arquitectónico en lo que tiene que ver con formas, cantidad y proporciones de las ventanas, la determinación de los materiales de los acabados y de las superficies en el interior, también son determinantes para lograr el confort lumínico interior, debido a la iluminancia y luminancia requeridos en los diferentes espacios.

#### - CONFORT ACÚSTICO

El grado de confort acústico depende de parámetros ambientales relacionados con el ruido: nivel sonoro, intensidad sonora (dB), tono o timbre (calidad del sonido), altura o frecuencia (Hz=ciclos /seg). Y se deben tomar en cuenta los parámetros arquitectónicos relacionados con el contacto auditivo y algunos factores personales y socio culturales como el tiempo de permanencia, la salud, edad, sexo, educación etc. La calidad acústica de los espacios debe estar asociada al uso y

las actividades que tienen lugar en él. (Ver Anexo1 Tabla de tiempos de reverberación por actividad).

El aumento de los niveles sonoros se debe en su mayoría al tráfico aéreo, y de tránsito, uso de radios, televisores, aparatos de climatización; y en muchos casos, a la tendencia a usar materiales de construcción mas ligeros o delgados. Aunque es difícil cuantificar la fatiga o cansancio ocasionados por el ruido, sí se ha concluido que el ruido en horas de descanso afecta la calidad de vida de las personas.

### **Parámetros de Confort Acústico:**

Para evaluar el sonido se deben tener en cuenta el tono, la intensidad y la velocidad del sonido.

**El tono:** Permite ordenar los sonidos en función de graves o agudos y es una cualidad que depende de la frecuencia, es decir el número de ciclos por segundo. (Ver Anexo 1 Tabla de frecuencia/Hertz).

Los sonidos normalmente percibidos en el entorno, no tienen un tono puro, sino que están formados por múltiples frecuencias.

**Intensidad Acústica: (L o I)** Propiedad de un fenómeno acústico que determina sus condiciones de audición y depende de la amplitud de sus ondas. La velocidad de transmisión del sonido es importante en la selección de los materiales ya que determina su capacidad de absorción, reverberación o transmisión.

El nivel de intensidad sonora o nivel de presión acústica es una escala de medición desarrollada en función de las frecuencias que pueden ser oídas o no por el ser humano se mide en dB y corresponde a la forma en que el oído humano responde a la intensidad y a la presión de los sonidos. (Ver Anexo 1 Tabla de nivel de dB).

Las fuentes de ruidos externos causan molestias debido a los niveles de presión sonora que suelen alcanzar. Las fuentes de ruido internas, pueden ser producidas por los servicios o instalaciones del edificio, o actividades de los ocupantes.

El concepto del confort ha evolucionado de tal forma que se han establecido unos rangos a nivel térmico, acústico y lumínico, para lo cual se han desarrollado normas para diferentes contextos. Sin embargo proporcionar confort ambiental conlleva en muchas ocasiones al uso de soluciones artificiales, sin prever un diseño integral de las condiciones de bienestar, teniendo como consecuencia consumos muy altos de energía, poca eficiencia y niveles de discomfort.

Se le ha dado mas importancia al confort térmico que al acústico y al lumínico, que también inciden en la calidad de vida.

El diseño debe incorporar como objetivo esencial el aporte de las condiciones de bienestar con el objeto de alcanzar el confort ambiental en el marco de la arquitectura bioclimática, para esto se debe valer de métodos y sistemas que ayuden a mejorar las condiciones ambientales no sólo desde el punto de vista espacial o estético sino también energético.

#### -FACTORES DE CONFORT DEL USUARIO

Son condiciones externas al ambiente que influyen sobre la apreciación de éste. Según (Serra, 1999), los **factores de confort** son las condiciones propias de los usuarios que determinan su respuesta al ambiente y se relacionan con las características biológicas, fisiológicas, sociológicas o psicológicas de los individuos y se clasifican en:

-Factores Personales: metabolismo, ropa, aclimatación, salud y color de piel, historial térmico, lumínico, visual y acústico, sexo, edad y peso.

-Factores Socioculturales: Educación, expectativas para el momento y lugar considerados.

Así concluye el autor, que el confort depende de la combinación que se presente entre los parámetros objetivos y los factores del usuario, de ésta forma la función básica de la Arquitectura en el diseño de ambientes habitables, se realiza sobre los parámetros de confort, pero se precisa de un conocimiento de la influencia de los factores para entender y conocer la repercusión real de las decisiones que se tomen en el diseño.

**Percepción del Confort:** Los requerimientos que afectan la percepción del confort pueden ser de tipo fisiológico o psicológico. Según (Serra, 1999) los de tipo fisiológico son los que tienen que ver con las necesidades de aire, luz o de temperatura. Estas necesidades de confort son de tipo estadístico donde se pueden establecer condiciones recomendables para los diferentes ambientes y climas.

Los requerimientos de tipo psicológico son mas difíciles de evaluar y su variabilidad individual de acuerdo al caso es mayor. Estos requerimientos dependen de factores como la educación y la personalidad de los individuos y tienen que ver también con modas y costumbres.

**Condiciones ambientales de percepción:** Los Parámetros Ambientales son energía que interactúa con los seres humanos. También son transmisores de información estética, capaces de producir emociones. Para esto se utilizan las herramientas de composición como son: Ritmo (en

el tiempo o en el espacio), acento (positivo o negativo) y contraste (de intensidad, de color , de tono o de volumen).

Esa idea de que el espacio proyectado es algo más que diseño, que realmente es el lugar donde sentimos (consciente pero sobre todo inconscientemente) todas las energías que nos rodean (notamos la temperatura del aire y su humedad; vemos gracias a la luz reflejada en los objetos; escuchamos el sonido del ambiente, olemos,...) y que de esa percepción y de una correcta relación con ellas deriva el confort y por tanto la plenitud y belleza del espacio. (Marín, 2012, p. 1)

En esta investigación se propone que para la selección de materiales de espacios interiores, deben ser tenidos en cuenta aquellos requerimientos de confort que son medibles y con los cuales se pueden establecer unas recomendaciones en diferentes tipos de climas de acuerdo a las condiciones y análisis formal para cada espacio.

### 1.1.3. CLIMA

#### -CLIMA EN EL INTERIOR DE LOS ESPACIOS

Para analizar el clima en el interior de los espacios se van a tener en cuenta los aspectos del aire y la humedad, de la luz y la temperatura, las paredes y los acabados, los factores que se deben tener en cuenta en la selección de materiales y las estrategias bioclimáticas para optimizar las condiciones de confort.

El aire determina unas condiciones térmicas que son: su propia temperatura, el contenido de agua y su velocidad. Desde el punto de vista del análisis del clima se puede decir que a mayor temperatura del aire y mayor humedad es mas alta la sensación de calor. La humedad se mide en gr de vapor de agua / kg de aire por segundo.

Se puede decir que el bienestar está entre los rangos de temperatura del 15° a 30° centígrados y la humedad entre el 40 y 80%. Sin embargo la falta de humedad también produce sensación de incomodidad y sequedad.

En los espacios interiores, normalmente se presentan mayores temperaturas y humedad que en el exterior y mayor estabilidad térmica, debido a la ocupación y a la inmovilidad del aire interior.

Sin embargo algunos espacios presentan peores condiciones de clima que el exterior debido a altas temperaturas y excesos de humedad, por este motivo es necesario planear estrategias para enfriar el aire y bajar la humedad.

**Radiación:** La Radiación es la forma de energía que atraviesa el espacio y se transforma en calor al ser absorbida por las superficies. La luz es también calor en la naturaleza o en la arquitectura.

Las superficies absorben y transforman las radiaciones, emitiendo calor presente en el aire y en el interior de los espacios. Parte de las radiaciones entran por las aberturas de los edificios y otra parte es absorbida por los muros y cubiertas, es decir, que entra de una manera indirecta y retardada conocida como inercia térmica. Todos los cerramientos opacos que separan el interior del exterior actúan como barreras. Según Serra “Un acabado interior, color, textura, porosidad puede influir más sobre el ambiente resultante que las dimensiones o la forma del espacio.” (Serra, 1999, p. 38).

Esta hipótesis, reafirma la importancia de la correcta selección de materiales al interior de los espacios, como determinante importante del resultado bioclimático y del confort dentro de éstos.

Las paredes acumulan energía térmica, son obstáculos a la radiación y barreras a la luz y emiten calor hacia el interior. Se puede decir que a mayor masa aislante entre las capas de las paredes, hay mayor aislamiento, así, la inercia térmica de los cerramientos incide directamente en la temperatura del interior. También se concluye que a mayor masa mejor es el aislamiento acústico.

En cuanto a los cerramientos de vidrio, aunque son una tendencia mundial debido a su estética y al deseo del hombre de permanecer en contacto con la naturaleza, no tienen inercia por lo cual generan grandes oscilaciones de temperatura al interior que muchas veces el acondicionamiento del aire no resuelve.

#### -CLIMA EN COLOMBIA

Para esta investigación, el análisis del clima se toma como un elemento que condiciona las características del interior y se debe tener en cuenta para la selección de materiales.

El clima en el interior de los espacios está determinado por el clima exterior, para el caso de esta investigación se va a tomar la propuesta presentada por la cartilla “Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)”. En este, se estudian principalmente las variables climáticas de temperatura, altitud y humedad relativa. Esta propuesta está basada en la información del IDEAM, Atlas Climatológico Nacional, Atlas de radiación solar en Colombia, Atlas del viento y Energía eólica en Colombia. Mapas que se pueden ver en el Anexo 2. El IDEAM establece que:

El clima se puede definir como las condiciones atmosféricas predominantes en un lugar, región o en el planeta durante un periodo dado, las cuales están controladas por los factores forzantes y factores determinantes del clima, y por la interacción de los diferentes componentes del sistema climático. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012, p. 49)

### **Variables Climáticas:**

**Humedad Relativa:** Se debe tener en cuenta esta variable climática en los procesos de planeación, diseño y construcción de la vivienda, debido a que el exceso de humedad al interior de una vivienda genera ambientes insalubres, enfermedades respiratorias para los habitantes y el deterioro de acabados. Colombia, de acuerdo con el Mapa de Humedad Relativa (HR) Media Anual presenta zonas: húmedas, secas y semi húmedas.

**Brillo Solar:** El brillo solar es el número de horas de sol en una zona determinada. En Colombia, por estar ubicado en la zona tropical, más del 80% del área total del país presenta valores superiores a 1.700 horas en promedio anual.

**Precipitación Media Anual:** La Precipitación está determinada por varios factores climáticos, como la atmosfera, el relieve y la evaporación. En Colombia los niveles de lluvia son muy variables, con promedios que van desde los 500 mm anuales en La Guajira (muy seco), hasta los 12.000 mm anuales en algunas regiones del Chocó (extremadamente lluvioso). En la región Caribe las lluvias registran niveles entre 500 y 2.000 mm al año, siendo una de las zonas más secas en el país. El relieve incide en la precipitación, esto se refleja a lo largo de las cordilleras Occidental y Oriental donde se presentan altos registros de pluviosidad, debido a la presencia de densas nubes provocadas por el ascenso de las corrientes húmedas provenientes del océano Pacífico, con una precipitación entre 8.000 y 9.000 mm en promedio durante 250 a 300 días.

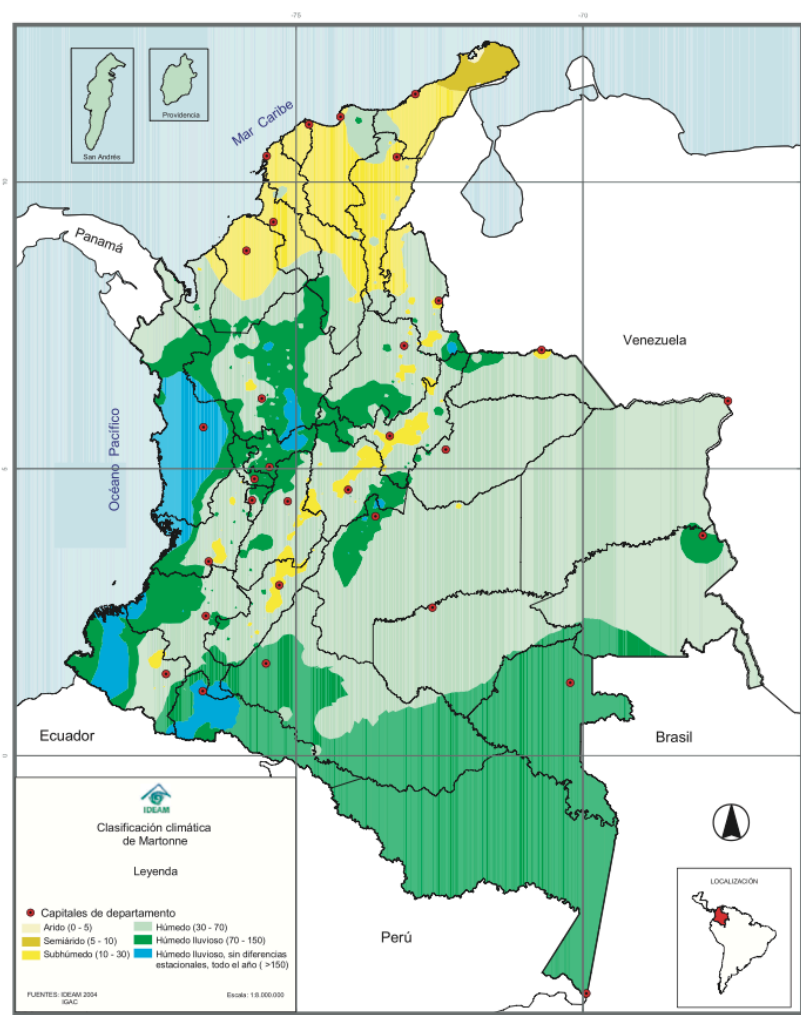
**Vientos:** En el 90% del territorio nacional aproximadamente se encuentran vientos predominantes con una velocidad media que oscila entre 1 y 3 m/s, encontrándose una rosa de los vientos variable que depende del comportamiento de las corrientes continentales y marítimas. Esta condición es de escasa variación y velocidades constantes a lo largo del territorio nacional, pero se debe tener en cuenta, que la velocidad y dirección de los vientos, se convierte en una determinante a nivel local, en la etapa de orientación y diseño de la vivienda, debido a las decisiones que deben tomarse en términos de manejo de la ventilación y ubicación de aberturas

en la edificación, piel del edificio, sistemas constructivos y materiales del interior.

### Las Zonas Climáticas

En la cartilla Criterios ambientales para el diseño y la construcción de vivienda urbana desarrollada por (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012), se realiza la clasificación de climas en Colombia, basada en el Atlas Climático de Colombia establece cuatros zonas principales:

Ilustración 7 Mapa de clasificación climática de Colombia



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)

(IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Medio ambiente y Desarrollo sostenible, 2014)

**Zona Cálida Seca:** Comprende 12.547.722 hectáreas aproximadamente. La altitud está en el



rango de 0 a 800 msnm, con temperaturas superiores a los 24°C, una humedad relativa inferior al 75%, brillo solar entre 2.100 y 2.500 horas promedio anual con algunos máximos de 2.900 puntualmente en la península de La Guajira. Las precipitaciones se encuentran entre 0 y 1.500 mm anuales y vientos con velocidades que varían entre los 2 y 3 m/s, con algunos picos de 4 m/s puntuales en La Guajira, sur del Magdalena y occidente de Boyacá. Esta zona tiene una influencia de los vientos Alisios del noreste, que aumentan la resequedad del ambiente. Las zonas de Colombia que pertenecen a esta clasificación son: el área insular de San Andrés y Providencia, hacia el norte y oriente del Caribe, la península de La Guajira y el norte del departamento del Cesar, áreas de los valles interandinos de Huila, Tolima y Valle del Cauca, el centro de Antioquia y algunas zonas de las cuencas de los ríos Chicamocha y Zulia.

**Zona Cálida Húmeda:** Esta zona cuenta con un área de 78.046.815 hectáreas aproximadamente. Altitud entre 0 y 800 msnm, con temperaturas superiores a los 24°C, una humedad relativa superior al 75%, un brillo solar entre 1.300 y 2.100 horas promedio anual, zonas con poca luminosidad de hasta 900 horas, como en el centro del Chocó. Las precipitaciones en promedio oscilan entre 1.500 y 7.000 mm anuales, con algunos extremos en áreas pequeñas del centro del Chocó que presentan lluvias entre los 9.000 y los 11.000 msnm anuales. Los vientos presentan velocidades que varían entre 1 y 3 m/s, con influencia de los vientos Alisios del noroeste que afectan todo el territorio nacional. Las zonas de Colombia que se clasifican dentro de esta zona climática son: valles medio y bajo de los ríos Cauca y Magdalena, parte de la llanura del Caribe y los llanos Orientales; las selvas chocoanas; y del Catatumbo y las de la cuenca Amazónica; la región central del Magdalena, la Costa Pacífica, la vertiente oriental de la cordillera Oriental en su borde exterior, la serranía de Perijá y las estribaciones de las cordilleras Occidental y Central donde comienza la llanura del Caribe.

**Zona Templada:** Está conformada por aproximadamente 11.328.369 hectáreas, la altitud está entre 800 y 1.800 msnm, la temperatura media anual entre 18° y 24°C, con humedad relativa entre 70% y 85%, brillo solar entre 1.300 y 2.100 horas promedio anual, precipitaciones que oscilan entre 2000 y 3000 mm anuales y vientos con velocidades entre 1 y 3 m/s, con influencia de los vientos Alisios del noroeste, noreste y suroeste. En Colombia las zonas que pertenecen a ésta clasificación climática son: la zona media de las cordilleras y de los sistemas montañosos independientes del Baudó, el Darién, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Sierra de la Macarena.

**Zona Fría:** Compuesta por 12.126.281 hectáreas aproximadamente, corresponde a las zonas ubicadas en alturas superiores a los 1.800 msnm, con una temperatura entre 12°C y 17°C, con registros de humedad relativa entre 60 y 80%, brillo solar entre 1.300 y 2.100 horas promedio anual, precipitaciones que oscilan entre 1.000 y 3.000 mm anuales y vientos con velocidades entre 1 y 3 m/s, con influencia de los vientos Alisios del noroeste y suroeste. Las zonas en Colombia que pertenecen a esta clasificación climática son: la región andina, áreas montañosas de los departamentos de Antioquia, Santander, Norte de Santander, Cundinamarca, Cauca, el Eje Cafetero, en las mesetas y valles de los Andes y en la Sierra Nevada de Santa Marta.

## **1.2. ANÁLISIS DE LA FORMA**

Se busca hacer una reflexión sobre el papel de la forma en la bioclimática y definir los aspectos de la forma que son relevantes para ésta investigación. Partiendo de la dimensión analítica de lo concreto general, es decir de los hechos arquitectónicos que son necesarios para poder individualizar una estructura, llegar a lo concreto particular, para hacer la evaluación cuantitativa y selección correcta de materiales en el interior.

Siendo una parte de la investigación el análisis formal, que va a servir como fundamento y análisis cualitativo de ésta investigación, se toma como elemento principal para análisis de la forma EL AULA SINCRONICA de (Armesto Aira, 1993), y sus herramientas de análisis formal y de composición y los elementos formales planteados por autores enfocados en la bioclimática, específicamente (Olgyay, 1998) y (Serra, 1999), para identificar los elementos formales, enfocados en el análisis bioclimático.

Se identifican los elementos formales para poder entender la estructura y composición de espacios interiores, al tiempo que se toman los elementos que desde la bioclimática se consideran esenciales para poder entender los impactos de las fuerzas del entorno sobre las edificaciones y las posibles respuestas como solución arquitectónica. No se pretende generalizar acerca de la forma apropiada para determinado clima o entorno, sino simplemente presentar herramientas para poder realizar el análisis formal desde la bioclimática.

## 1.2.1 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS FORMAL

### -LA COMPOSICIÓN

Según (Armesto Aira, 1993) El Aula Sincrónica es el lugar donde el conocimiento analítico de la arquitectura como experiencia en el tiempo convertido en instrumento, se transforma en proyecto. En ésta, se analiza la posibilidad de entender el proyecto como una actividad que se sirve de la estructura, es decir de los aspectos comunes y generales, donde cada análisis se entendería como una sincronización entre los problemas particulares. En el proyecto se revela la dimensión sintáctica, compositiva, de tipo, dimensión analógica e imitativa.

La composición se asume como disciplina analítica, es decir, como un instrumento que permite comprobar unos saberes verificables. Se presenta como práctica que se ocupa de mecanismos de diseño para obtener soluciones coherentes a problemas formales que ya han sido planteados y resueltos en los propios edificios. (Francesconi, et al., 2015, p. 55)

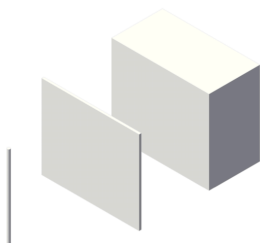
A través de un sistema de análisis de abstracción de formas en diferentes niveles, se busca entender las partes constitutivas del interior de un espacio y su orden.

Es así, que a través del proceso de análisis de composición, se busca encontrar la lógica de los elementos usados en la arquitectura y las categorías abstractas, que obedecen a operaciones formales y se van a presentar elementos de la forma, que desde la bioclimática constituyen otros criterios de análisis. Se presentan estos elementos constitutivos de la forma interior como parte del análisis de los espacios interiores, aunque los criterios de análisis formal en esta investigación van a estar basados en la bioclimática.

(Armesto Aira, 1993) presenta las partes constitutivas de un proyecto que son: los elementos, las partes, los conjuntos y los sistemas.

Los elementos para configurar la arquitectura son **bloques, láminas y barras**.

Ilustración 8 Barras, láminas y bloques



Elaboración propia. Fuente: (Francesconi, et al., 2015, p. 58)

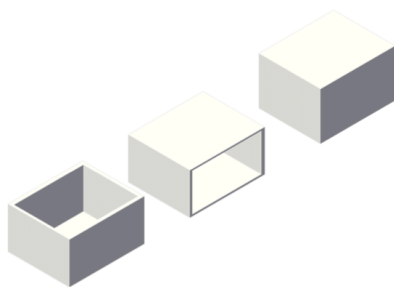
Define los conjuntos como elementos autónomos, que aunque son primitivos no están exentos de complejidad, poseen su propia identidad y pueden ser combinados, estas son las **Unidades mínimas de delimitación arquitectónica: el aula, el recinto y el pórtico.**

**El recinto:** es la disposición arquitectónica que limita las dimensiones X y Y, deja libre la dimensión Z. Es decir, deja indefinida la dimensión vertical, y divide en regiones el territorio horizontal.

**El Pórtico:** es la disposición que limita la dimensión Z, y deja libres y no determinadas la dimensiones X y Y. Es un techo sobre el suelo y se pueden apilar unos sobre otros.

**El Aula:** Resulta de la suma o fronteras y determina el espacio en X, Y, Z. Se define también como límite radical tridimensional.

Ilustración 9 Recinto, pórtico, aula



Elaboración propia. Fuente (Francesconi, et al., 2015, p. 60)

En esta investigación se va a estudiar específicamente el interior, y se va a hacer énfasis en el aula única simple y compartimentada, la compartimentación interna, en altura inserción de pórticos o de aulas y sus combinaciones.

La compartimentación y las conexiones, son los principios básicos de análisis formal para el estudio del comportamiento bioclimático dentro de los espacios, ya que está basado en las relaciones entre los diferentes espacios en el interior, y las relaciones que se crean con el exterior, que determinan las condiciones térmicas, acústicas y lumínicas.

#### -LA ARQUITECTURA DE LA CONSTRUCCIÓN:

En el análisis de la forma, partiendo de las características de la bioclimática, es importante poder entender los elementos constructivos como parte del sistema y su materialidad, y cómo estos responden a las condicionantes climáticas.

(Armesto Aira, 1993) plantea de manera separada la arquitectura, del momento de su ejecución, y presenta una formulación tipológica, donde relaciona los elementos constructivos con los

elementos de composición. Los elementos que describe hacen parte de las aulas, los recintos y los pórticos.

**El Murario**, conformado por muros donde los conceptos de fundación, elevación, culminación, construcción, distribución, espacio y fachada, adquieren importancia. Estos muros pueden ser los que relacionan el espacio con el exterior o con otros espacios en el interior, es decir, los muros de compartimentación, en cada caso con características diferentes de material, de espesores y de tamaños.

**Los Entramados**: Es una condición derivada del muro, conformada por barras que forman marcos rígidos, donde existe una equivalencia a construir en las tres dimensiones, a partir de redes o entramados.

El otro elemento son las **bandejas**, cuyo objetivo principal es la construcción de pórticos y plantas libres.

Cada una de estas características formales, y la elección de las estrategias de transformación y combinación de los sistemas, expone una idea constructiva y tipológica, que debe servir como análisis que antecede a la elección de los materiales del interior.

### 1.2.2 CRITERIOS DE ANÁLISIS FORMAL BASADOS EN LA BIOCLIMÁTICA

(Olgay, 1998) plantea que las soluciones formales que se basan en la bioclimática están determinadas por el análisis de los datos climáticos y la evaluación biológica, para llegar a unas soluciones tecnológicas, que divide en los siguientes aspectos: la elección del lugar, la orientación, los cálculos de sombra, las formas de las viviendas, los movimientos del aire y el equilibrio de la temperatura interior. El equilibrio climático comienza en el lugar y se deben tener en cuenta todos los aspectos tanto para el diseño arquitectónico como para la ordenación urbana. Presenta la forma óptima desde la bioclimática, relacionándola con el interior y su comportamiento térmico; como aquella que desprende la mínima cantidad de kcal en invierno y que absorbe el mínimo de kcal en verano.

Los impactos térmicos en el interior de un edificio deben contabilizarse cuantitativamente. El efecto combinado de la temperatura y de la radiación puede expresarse, junto con la temperatura sol, aire, en la superficie externa del edificio. El efecto producido en el interior puede calcularse utilizando el método del flujo de calor. (Olgay, 1998, p. 87).

Como estado del arte de los diferentes análisis de tipo bioclimático que se han realizado a partir de la forma, se deben tener en cuenta los modelos de flujo del aire en el interior de los edificios, además de los criterios formales por los efectos de la radiación, de acuerdo a estudios de orientación del viento. (Olgyay, 1998) plantea un análisis de los efectos de los vientos sobre las edificaciones según su forma, emplazamiento y orden, así como su forma específica, en donde se tienen que situar las aberturas de entrada del aire para determinar las aberturas de salidas y los diferentes tipos de combinaciones y sus efectos.

Por otro lado (Serra, 1999) describe la forma general del edificio como un conjunto de características geométricas y volumétricas, las proporciones y el aspecto exterior de los volúmenes. Separa tres aspectos en lo que tiene que ver con la forma: características generales, características de la piel y el interior del edificio. Donde los dos primeros determinan el último que es el interior del edificio, en el cual se va a profundizar en esta investigación.

#### -ELEMENTOS FORMALES GENERALES DEL EDIFICIO

Estas características que se analizan desde la bioclimática, poseen coeficientes de cálculo que tienen diferentes implicaciones desde la lumínica, la acústica y la térmica. Son relevantes en el análisis de la forma interior, por lo cual en cualquier estudio de forma se debe hacer un diagnóstico de la forma general. (Serra & Coch, 1991), presenta tres aspectos de la forma general, considerados los más relevantes en la bioclimática interior.

**-La Compacidad:** Establece una relación entre la superficie que rodea el edificio y su volumen, es decir el grado de concentración de las masas que lo componen.

**-La Porosidad,** se refiere a la cantidad de vacíos, que el autor llama patios, pero que en esta investigación se ha generalizado bajo el término de vacíos ya que la porosidad no solo se refiere al concepto de patio y verticalidad. Son los vacíos que posee un edificio en relación con su volumen total.

**-La Esbeltez:** es la relación entre la altura total del edificio y la superficie de la planta.

#### -ELEMENTOS FORMALES DE LA PIEL DEL EDIFICIO

(Olgyay, 1998) se refiere a la piel como a la estructura, que actúa como filtro entre las condiciones internas y externas para controlar la entrada de aire, calor, frío ruido, luz y olores, resaltando la importancia del material de la piel para lograr estos objetivos. Desde el punto de vista compositivo, la piel puede tener elementos que aportan diferentes comportamientos de la

luz, el sonido y la temperatura y determinan condiciones al interior. La piel define los efectos lumínicos, térmicos y acústicos que afectan el interior a través de los siguientes aspectos:

**-El asentamiento:** Es el grado de contacto de las superficies del volumen del edificio con el terreno. Relación entre la superficie asentada respecto a la superficie global.

**-El adosamiento:** Es el grado de contacto de las superficies del volumen del edificio con otros edificios. Relación entre la superficie adosada y la superficie global.

**-La pesadez:** Depende de la composición constructiva de los cerramientos del edificio. Relación entre la masa superficial del cerramiento y la superficie del cerramiento.

**-La perforación:** Perforación, dimensiones y posición de las aberturas. Es la relación entre la superficie perforada y la superficie global de la piel.

**-La Transparencia:** Da la idea del comportamiento del edificio frente a la radiación solar.

**-El aislamiento:** Es la resistencia que opone la piel del edificio al paso del calor por conducción.

**-La tersura:** Es la existencia o no de salientes y entrantes en la fachada. La relación entre la superficie de piel proyectada y la superficie de piel desarrollada.

**-La textura:** Es el tipo de acabado superficial a pequeña escala. Rugosidad.

**-El color:** Es la cualidad que define su comportamiento frente a la absorción superficial, al paso de la energía procedente de la radiación.

#### -ELEMENTOS FORMALES DEL INTERIOR DEL EDIFICIO.

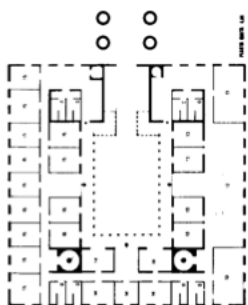
Esta investigación está centrada en el interior de los espacios y sus elementos formales, así: “Consideramos como interior del edificio el conjunto de elementos, constructivos o no, que quedan encerrados por su piel y además la parte de esta piel que influye en el comportamiento de este interior” (Serra & Coch, 1991, p. 264). Los criterios formales de espacio interior que se van relacionar con las propiedades de los materiales, de acuerdo a los diferentes climas son:

**-Compartimentación:** Este concepto se refiere a como se ordenan y relacionan entre sí los espacios en el interior de un edificio. Las condiciones del interior dependen del contacto con el exterior que se realiza a través de la piel. “Si compartimentamos mucho el interior puede haber mayor diversidad ambiental y tenemos la posibilidad de situar cada espacio en el lugar que más convenga en cada caso, según sus necesidades.” (Serra & Coch, 1991, p. 265).

Con baja compartimentación es más fácil de iluminar el interior con luz natural, hay más variedad climática, puede aparecer estratificación del aire y hay más reverberación de ondas sonoras. Con alta compartimentación es más difícil de iluminar y las zonas centrales no tienen

tantas posibilidades de iluminación natural, permitiendo la adecuación del ambiente para cada actividad. Con alta compartimentación hay menos reverberación.

Ilustración 10 Compartimentación



(Serra & Coch, 1991, p. 264)

**-Conexión:** Característica del interior del edificio que se refiere a la forma en que trabajan los elementos de separación y cómo se producen los cambios energéticos entre ellos.

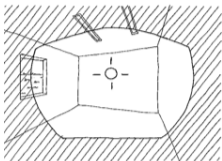
La Conexión vertical y conexión horizontal, corresponden a las compartimentaciones horizontales o verticales de los espacios internos.

La conexión baja permite menos paso de luz y hay más oscuridad en los espacios. Si la conexión es vertical se realiza transferencia térmica en sentido ascendente. Si la conexión es horizontal la transferencia es por transmisión y por convección y permite menos paso del sonido. Si la conexión es alta se pueden producir fenómenos de estratificación térmica y permite más paso de sonido.

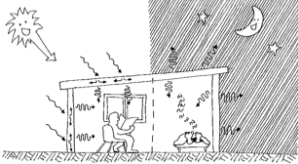
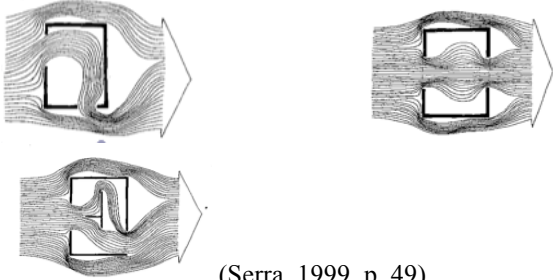
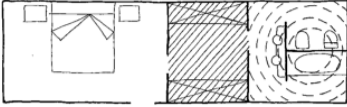
Disposiciones de elementos de conexión y análisis de condiciones bioclimáticas

1. Las puertas y Ventanas determinan dentro del espacio los adecuados dispositivos de regulación de flujo.

Ilustración 11 Tabla Elementos de conexión

CONDICIONES DE DISEÑO- FUNCIÓN	CONDICIONES BIOCLIMÁTICAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grado de separación de un espacio con otro</li> <li>-Conexión con espacios adyacentes y con el exterior</li> <li>-Circulación y movimiento dentro del espacio</li> <li>-Organización de los elementos y de las actividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Iluminación dentro del espacio</li> </ul>  <p style="text-align: right;">(Serra, 1999, p. 30)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Temperatura dentro del espacio</li> </ul>



<p>La temperatura dentro del espacio está determinada por la temperatura externa, y los elementos del interior que comunican con el exterior.</p>	 <p>(Serra, 1999, p. 34)</p>
<p>La ventilación dentro del espacio depende de la ubicación general y de los elementos como puertas y ventanas.</p>	 <p>(Serra, 1999, p. 49)</p> <p>-Acústica</p>  <p>(Serra, 1999, p. 66)</p>
<p>La acústica interior depende de las fachadas y las conexiones y compartimentaciones</p>	

Cuadro elaboración propia

## 2. Las escaleras

Ilustración 12 Tabla Elementos de conexión-escaleras

Condiciones de diseño- función	Condiciones bioclimáticas
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pueden separar exterior e interior</li> <li>-Comunicar con los diferentes niveles</li> <li>-Accesos privados</li> <li>-Punto de vista dentro del espacio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Iluminación dentro del espacio con las terrazas o descansos</li> <li>-Estratificación de Temperatura dentro del espacio</li> <li>-Ventilación por comunicación vertical.</li> </ul>

Cuadro elaboración propia

**-Color:** Indica el comportamiento del interior frente a la absorción y reflexión de luz de la superficie y la posibilidad de redistribución de energía radiante en el espacio. Los colores claros

favorecen las reflexiones interiores de la luz natural y es mas baja la inercia y los oscuros favorecen la absorción de la luz y hay mas inercia térmica.

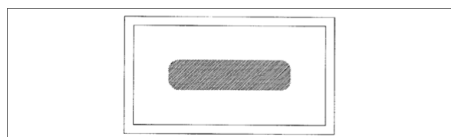
**-Textura.** Se refiere al acabado que puede ser mas o menos rugoso o poroso.

Esto influye en la reflexión y la difusión de radiaciones y sonidos, así como en el coeficiente de fricción con el aire. Con baja rugosidad interior hay reflexión de luz alta, aumenta el tiempo de reverberación, hay alta reflexión y difusión del sonido. La Alta rugosidad favorece el intercambio de calor por convección, aumenta el rozamiento y disminuye el tiempo de reverberación.

**-Geometría del espacio:** Está determinado por el volumen, la forma y la proporción.

**Volumen:** El volumen del espacio tiene consecuencias sobre su comportamiento ambiental, lumínico y acústico. Desde el punto de vista lumínico las medidas del espacio tienen una influencia neutra en el reparto de la luz, donde conservando la proporción entre aberturas y cerramientos se mantiene la luz resultante. A mayor volumen más problemas de estratificación térmica y ausencia en uniformidad de condiciones, la reverberación es menor y hay mayor cantidad de aire.

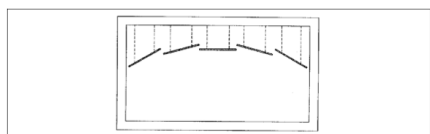
Ilustración 13 Volumen



(Serra & Coch, 1991, p. 270)

Se debe estudiar la forma en relación a las fuentes de calor. Las formas complejas o alargadas influyen en la distribución de la radiación y la convección, dependiendo de la posición de las fuentes de calor dentro del espacio.

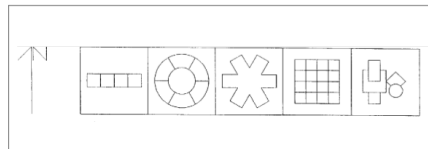
Ilustración 14 Reflexión del sonido



(Serra & Coch, 1991, p. 271)

**Forma:** La geometría del espacio tiene repercusiones ambientales, como la distribución de la luz, la distribución de la intensidad del sonido, y la distribución de radiación y la convección dependiendo de las fuentes de calor dentro del espacio.

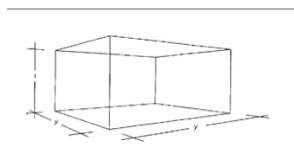
Ilustración 15 Forma



(Serra &amp; Coch, 1991, p. 284)

**Proporción:** Se trata de la correspondencia el equilibrio o la simetría que existe entre los componentes de un todo, puede calcularse entre los elementos y el todo, o entre los propios elementos. Se debe estudiar la forma frente a las entradas de luz. Los espacios con proporciones alargadas mejoran con el acceso de energía lateral. La altura favorece la estratificación térmica. La proporción se debe estudiar para distribuir de manera uniforme el sonido y se deben estudiar las formas cóncavas, ecos y concentraciones focales.

Ilustración 16 Proporción



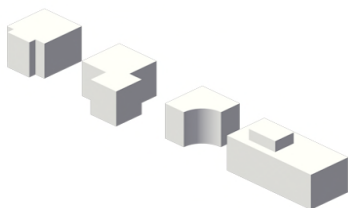
(Serra &amp; Coch, 1991, p. 272)

**Desniveles:** Los desniveles aumentan la estratificación térmica y por esto se debe estudiar la repartición de la energía.

**Alteraciones de los espacios:** Los espacios cuadrados o rectangulares, circulares o curvilíneos, pueden ser alterados por ampliación, adición, sustracción y fusión o por transformaciones dimensionales. Estas alteraciones formales pueden significar cambios en las condiciones de confort de los espacios, de tipo lumínico, acústico o térmico, por generarse nuevas compartimentaciones, conexiones y nuevas formas geométricas en general.

Ilustración 17 Alteración de los espacios

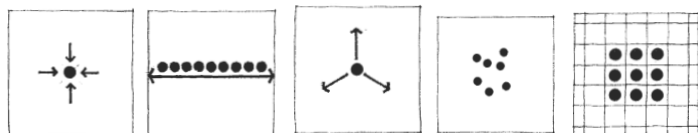
Ampliación	Adición	Sustracción	Fusión
------------	---------	-------------	--------



Fuente Elaboración Propia

Se pueden establecer diferentes tipos de formas aditivas, de acuerdo con la naturaleza de las relaciones existentes entre las formas que las componen y el resultado tipológico; algunos ejemplos son: formas centralizadas, formas lineales, formas radiales, formas agrupadas y formas de trama.

Ilustración 18 Transformaciones aditivas

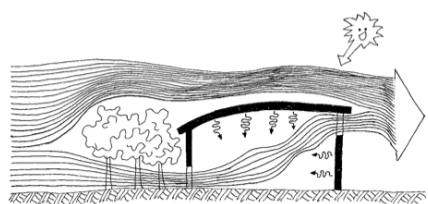


Fuente (Ching, 2002, p. 57)

**Cubiertas:** La altura tiene un mayor efecto sobre la percepción que el ancho y la longitud, la asociamos con nuestra propia altura, pero la percepción de la escala la dan los tres elementos.

La cubierta protege los espacios interiores de los efectos climáticos externos, e incide en la forma total; está determinada por el material, la dimensión y el sistema estructural que transmite la carga hasta los apoyos. La forma, el color y la textura del techo, se pueden tratar para mejorar las características acústicas, térmicas y lumínicas de un espacio; y pueden actuar como filtro del aire para el interior.

Ilustración 19 Cubiertas



(Serra, 1999, p. 50)

### 1.3. MATERIALES PARA EL INTERIOR DE LOS ESPACIOS

El uso de un material en la arquitectura está dado por sus características, por las necesidades y tipología del edificio, el clima, el lugar donde se construye y la durabilidad. Así la selección de los materiales se debe hacer teniendo en cuenta las particularidades de cada proyecto, como el sistema constructivo, la ubicación, la climatología de la zona o el programa del edificio.

En este capítulo se van a determinar los criterios para la selección de materiales para espacios interiores, que están centrados en las categorías de especificaciones técnicas que tienen que ver

con las variables de bioclimática y que determinan el confort térmico, acústico y lumínico y las características de sostenibilidad.

Se propone revisar las características de los materiales partiendo los requerimientos para poder equilibrar, a través de la temperatura y la humedad y su distribución, la influencia térmica externa de las distintas regiones. Estas características pueden determinarse investigando los procesos y propiedades que permiten el control de la superficie, analizando los problemas relacionados con la humedad o el deterioro y factores de transmisión de calor y acumulación. Se pueden establecer valores límites de la transmitancia térmica y del factor solar modificado, en función de las zonas climáticas.

El equilibrio de la temperatura interior se puede comprobar mediante la manera en que el calor penetra a través de la fachada, que finalmente se satura y se percibe el calor al interior.

Los elementos constructivos del interior pueden alterar las condiciones de confort a través de sus características térmicas, acústicas y lumínicas; dependiendo de la calidad, los espesores, las dimensiones de las superficies y su ubicación dentro de los espacios. Una acertada selección de los materiales puede llegar a reducir la amplitud térmica en el interior y puede permitir una optimización de la radiación solar, representando un ahorro energético evidente en climas extremos y mejorando las condiciones de confort de los usuarios.

### **Los revestimientos de los espacios interiores**

Gottfried Semper fue probablemente el primero que se esforzó en comprender la arquitectura a través del concepto de revestimiento. En palabras como decken (cubrir) y entdecken (descubrir), reconoció el carácter gestual que acompañaba al origen de las cosas y que también encontró en los inicios de la arquitectura. Decke, término que en alemán representa lo que cubre, tapa o reviste, encierra a la vez un concepto material e inmaterial. (Deplazes, 2010, p. 237).

Además de ser un elemento estético y ocultar las estructuras, es un elemento espacial, que oculta sistemas de tipo funcional y tecnológico como la protección contra incendios, instalaciones lumínicas, amortiguamiento de ruidos, extintores automáticos.

#### **1.3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN SUS PROPIEDADES:**

Conocer la idoneidad de los materiales para las diferentes aplicaciones puede llevar a tomar decisiones sobre la selección de los materiales, mas acertadas desde el punto de vista de confort,

y también más innovadoras. El conocimiento de las propiedades de los materiales, abre la posibilidad de aplicación de materiales usados en otras áreas para aplicarlas al interiorismo.

(Brown, 2012), clasifica las propiedades de los materiales en:

**Propiedades Funcionales:** estas características de comportamiento definen su fuerza, su resistencia, eficacia y adaptabilidad, compatibilidad con acabados de superficie, reflectancia lumínica, absorción de sonido etc.

**Propiedades Sensoriales:** Son las propiedades que se van a experimentar dentro del espacio y la atmósfera que se crea a través de la percepción de los sentidos.

(Brown, 2012) en su libro *Materiales en Interiorismo* cita a (Pallasma, 2005 pag.41) para explicar las propiedades sensoriales de los materiales:

Cada experiencia conmovedora de la arquitectura es multisensorial; las cualidades del espacio, sustancia y escala se miden de la misma forma a través del ojo, el oído, la nariz, la piel, la lengua, el esqueleto y los músculos. La arquitectura refresca la experiencia existencial, nuestro sentido de estar en el mundo y esta es en esencia, una experiencia fortalecedora de uno mismo. En vez de una mera visión, o de los cinco sentidos clásicos, la arquitectura implica varias esferas de la experiencia sensorial, que interactúan y se funden entre sí.<sup>2</sup> (Brown, 2012, p. 68).

**Propiedades Sostenibles:** Tienen en cuenta métodos de extracción, materias primas, costo medioambiental de transportes y procesos, manipulación, instalación y mantenimiento y por último el fin de su vida útil.

#### -TÉRMICA DE LOS MATERIALES

(Serra, 1999) en su libro *Arquitectura y Climas* plantea que cualquier estudio térmico de la arquitectura debería comenzar por las radiaciones procedentes del entorno, las radiaciones de las propias superficies y los intercambios radiantes. Parte de la radiación solar penetra por las aberturas, otra parte es absorbida por paredes y cubiertas y gran parte de esa energía se acumula en el sistema constructivo.

Con las estrategias pasivas correctas de aislamiento, retardo de la inercia, ventilación, asoleamiento, y los materiales correctos que permitan estas estrategias aplicadas en los edificios, se puede generar un mayor aprovechamiento de la energía captada por el sol a nivel climático y lumínico. (Serra, 1999, p. 32)

---

<sup>2</sup> Brown, cita a Pallasma Juhani, *The eyes of the skin: Architecture and the senses*. Londres John Wiley and sons ltd, 2005 pag.41

(Olgyay, 1998) presenta las determinantes de tipo calorífico a tener en cuenta para poder hacer la selección de los materiales de los acabados del interior y el mobiliario. Además de las características estéticas y funcionales, se consideran las características y propiedades para diferentes climas. Estas características son: la penetración del calor a través de la superficie, teniendo en cuenta el efecto de intercambio calorífico, características de absorción y emisión de las superficies. Los efectos de la humedad, características higroscópicas de los materiales. El deterioro de los materiales, que en el interior dependen casi siempre de la humedad relativa, temperaturas y condensaciones.

Las propiedades térmicas que se consideran relevantes en esta investigación para la selección de materiales son: la transmisión calorífica de los materiales, la capacidad aislante, y la inercia térmica del material.

El calor se puede definir como la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro, como resultado de la diferencia de temperatura.

El calor se puede transferir en tres modos diferentes: conducción, convección y radiación.

**-Conducción** es la transferencia de calor entre dos puntos de un cuerpo que se encuentra a diferentes temperaturas sin que se produzca transferencia de material entre ellos.

**-Radiación** es el calor emitido por un cuerpo debido a su temperatura, en este caso no existe contacto entre los cuerpos ni elementos intermedios que transporten el calor.

La radiación total está compuesta por la radiación solar incidente y por el intercambio de calor con la temperatura del aire del entorno.

**-Convección** el calor interviene como fluido líquido o gaseoso con un movimiento que transporta la energía térmica entre dos zonas, esta transmisión puede ser forzada o natural.

El calor se propaga a través de los materiales por diferentes medios, cada material se calienta a diferente velocidad y no retienen la misma cantidad de calor, por lo cual cada uno tiene una temperatura diferente y por esto existe intercambio de calor entre ellos.

Se pueden establecer valores límites de la transmitancia térmica y del factor solar modificado, en función de las zonas climáticas.

El equilibrio de la temperatura interior se puede comprobar mediante la manera en que el calor penetra a través de la fachada que finalmente satura y se percibe el calor al interior.

**Criterios de selección de los materiales según comportamiento térmico:**

Los impactos caloríficos que llegan al interior han tenido que traspasar la piel externa del edificio.

**Penetración del calor a través de la superficies:**

La luz no es mas que una radiación en particular, y las radiaciones son una forma de energía, que atraviesa un espacio, yendo de uno a otro lugar de forma prácticamente instantánea. Como todas las energías acaban siempre por transformarse en energía térmica, las radiaciones se transforman en calor al ser absorbidas por las superficies. (Serra, 1999, p. 29)

La radiación total está compuesta por la radiación solar incidente y por el intercambio de calor con la temperatura del aire del entorno y la penetración del calor se da por fenómenos de radiación y convección (radiación incidente y el intercambio de calor con el aire del entorno).

**Control de la entrada de calor:** El efecto del intercambio puede incrementarse distribuyendo la radiación solar sobre una mayor superficie. A través de cúpulas o bóvedas se incrementa el índice de transferencia por convección.

**La características de la Absorción y Emisión:** Los materiales que reflejan más de la energía que absorben y expelen más radiación térmica, producen temperaturas más bajas en el interior del edificio.

**Intercambio térmico:** El intercambio térmico con el entorno se realiza a través de longitudes de onda infrarojos por encima de 2.5, generalmente entre 5 y 20 micras. La reflexión del calor a través de las longitudes de onda depende más de la densidad de su superficie y de su composición molecular que del color. “El comportamiento selectivo de los materiales bajo radiación solar y térmica puede emplearse de acuerdo con las circunstancias climáticas.” (Olgyay, 1998, p. 114)

Calor= Efecto de la reflexión + emisión de la radiación térmica.

En períodos fríos extensos es mejor elegir un índice de reflexión solar mas bajo, y donde los períodos cálidos y fríos se alternan, la reflexión y la absorción son favorables en diferentes momentos.

**Efectos de la humedad:** Los materiales absorben la humedad según sus cualidades higroscópicas. Los materiales con contenidos altos de humedad tienen mayor capacidad de transmisión del calor debido a la alta conductividad térmica del agua.

**Condensación:** Es el aire con alto contenido de vapor de agua que penetra a través de materiales hacia las zonas con una presión de vapor baja. Los flujos de calor desde el interior cálido hacia el exterior frío o viceversa pueden provocar condensaciones cuando el aire húmedo alcanza el punto



de rocío. Algunos métodos para eliminar la condensación en el interior son: reducir el contenido de la humedad en el interior, generar una barrera de vapor o una superficie resistente en el lado más cálido de la zona de punto de rocío.

**Deterioro de los materiales:** Tiene que ver con el comportamiento del material durante su vida útil y el deterioro químico que presentan los materiales por el contacto principalmente con agua y humedad relativa. La radiación solar combinada con la humedad, puede producir también hongos, bacterias o insectos.

Para definir las características que permiten el control de las superficies de los materiales en el interior, factores de transmisión de calor y acumulación para la clasificación climática de Colombia, se van a proponer los criterios térmicos.

**Transmisión calorífica de los materiales** (Conductividad térmica). La transmisión es la característica más importante para el control térmico en los materiales.

Se producen varios efectos: el valor aislante del material, caracterizado como factor U (coeficiente de transmisión total de calor expresado en kcal/h/m<sup>2</sup>). A menor valor U mejor efecto aislante, sin embargo, estas características se encuentran presentes en los materiales.

D= Difusividad térmica

K= Conductividad térmica (kcal/m<sup>2</sup>/h C°)

P= Densidad (kg/cm<sup>3</sup>)

C= calor específico (kcal/kg °C)

con diferente intensidad, dependiendo de su **difusión térmica**, y se define de acuerdo a la ecuación:

$$D = \frac{k}{p \cdot c} \text{ (m}^2\text{/h)}$$

Fuente: (Olgay, 1998, p. 115)

El aire estático es uno de los mejores elementos aislantes, por ejemplo los materiales que contienen aire en su interior, tienen un índice de transmisión de calor más bajo y son más livianos, y por lo general los materiales con gran inercia son más densos.

**Aislamiento térmico:** Teniendo en cuenta que la transmisión del calor se realiza por (conducción, convección, y radiación) y que los materiales aislantes son los que tienen conductividad térmica más baja, éstos generalmente en su composición contienen algún tipo de gas, por lo general aire. Esta característica mejora las condiciones de aislamiento, por esto cuando se toma la decisión de un aislante se deben tener en cuenta los puentes térmicos.

En el caso de tener el aislamiento térmico en el interior se desaprovecharía la masa térmica del resto de los materiales, evitando acumulación de calor en el muro. Para evitarlo se pueden utilizar captadores de energía solar, cerramientos ligeros, muros trombe o depósitos acumuladores que actúen como sistemas radiantes. Para lograr la temperatura interior constante, tener mucha masa dentro del aislamiento sirve para almacenar energía.

Entendiendo la transmitancia térmica como el flujo unitario a través de una solución constructiva, y la cantidad de calor que se intercambia con el exterior, se debe prestar un especial interés en las ventanas ya que se pueden considerar el principal foco de pérdidas.

**Materiales Aislantes térmicos:** Se consideran soluciones constructivas aislantes aquellas que emplean materiales con una conductividad térmica de menos de  $0,10 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ .

**Aislamiento equilibrado:** La cantidad de aislamiento deseada se encuentra en relación directa con la diferencia que existe entre las condiciones térmicas exteriores y los requerimientos de control. Si se utilizan los valores del aislamiento equilibrado para amortiguar esas diferencias, es posible compensar las condiciones térmicas interiores. Las fluctuaciones diarias de temperatura en relación con las condiciones de confort son el principal elemento en la búsqueda del equilibrio.

Así en zonas donde las variaciones diarias y estacionales son exageradas, es necesario determinar, los valores de la capacidad calorífica y de la resistencia al aislamiento.

Se deben establecer unos valores límites de la transmitancia térmica y el factor solar de los huecos de la envolvente térmica del edificio, en función de las zonas climáticas.

**Inercia térmica:** Según (Olgay, 1998), “Inercia es el equilibrio calorífico diario de las estructuras, este efecto depende de la capacidad acumulativa calorífica del material, es decir, calor volumétrico específico del material por calor específico.” (Olgay, 1998, p. 117). A mayor capacidad acumulativa, menor variación de temperatura propagada a través del material. El efecto de cambio de fase proporciona el retardo para utilizar los impactos de radiación externos en las horas de mas calor, en las horas mas frías del día, y transmiten temperaturas bajas de la noche a las horas mas calientes del día.

## -LUMÍNICA DE LOS MATERIALES

“La arquitectura que es el juego de los volúmenes bajo la luz, depende de ella para ser apreciada, y concebir la una sin la otra no tendría sentido” Le Corbusier. (Neila, 2004, p. 182).

En los espacios arquitectónicos la luz ha jugado un papel importante, en muchos casos sin tener en cuenta la connotación energética. La luz natural modela los espacios interiores generando diferentes ambientes, logrando los niveles de iluminación necesarios para mantener el cromatismo de los elementos del interior.

Los componentes arquitectónicos involucrados en la iluminación natural son: los componentes de conducción de la luz, los componentes de paso de la luz, y los elementos de control de la luz.

### **Criterios de selección de los materiales según comportamiento lumínico**

Según la orientación de un edificio, de su exposición al sol y de la configuración de las fachadas, el aporte de energía solar a través de las perforaciones puede producir sobrecalentamiento en el interior y deslumbramientos. Pero la protección solar disminuye la entrada de radiación térmica. Esta protección debe estar siempre en el exterior.

El deslumbramiento se produce por la incidencia directa del sol y de su reflexión sobre las superficies existentes en un espacio. Pero el deslumbramiento constituye una apreciación individual y subjetiva que tiene que ver con el tipo de actividad que se lleva a cabo. Las exigencias variables de los espacios interiores demandan la regulación o desviación de la incidencia de la luz solar hasta el oscurecimiento total. (Deplazes, 2010, p. 234)

Este hecho influye en el espacio arquitectónico y en la psicología de las personas que van a habitar los espacios.

**Reflexión de la luz:** La radiación solar está constituida por: la radiación visible 0.3 a 0.7 micras, rayos infrarojos 1.7 a 2.5 micras. El criterio de reflexión se encuentra en relación con los colores, esta energía se concentra cerca de la parte visible del espectro.

Los materiales blancos reflejan 90% de la radiación recibida, los materiales negros 15% o menos.

### **-ACÚSTICA DE LOS MATERIALES**

El sonido es una vibración mecánica que se propaga a través de un medio material elástico y denso habitualmente aire, y que es capaz de producir una sensación auditiva. El criterio que se considera mas importante a nivel acústico es el coeficiente de absorción ya que de éste depende la reverberación dentro de los espacios.

#### **Reverberación:**

Fenómeno producido por la reflexión de ondas sonoras, consiste en una permanencia del sonido una vez que la fuente ha dejado de producirlo. El conjunto de reflexiones se llama campo

reverberante. Mientras más sea el grado de absorción de un recinto, mayor será la constante y menor el nivel de presión sonora de campo reverberante.

Tiempo de reverberación RT, a una frecuencia determinada, como el tiempo en segundos que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora SPL cae 60 dB con respecto a su valor inicial.

Según (Kuttruff, 2004), la fórmula más usada para realizar el cálculo del tiempo de reverberación por su sencillez, y que no tiene en cuenta la absorción producida por el aire, es:

$$RT = 0,161 \frac{V}{A_{tot}} \quad (\text{en segundos}).$$

Donde:

V= volumen del recinto (m<sup>3</sup>)

A tot= absorción total del recinto (definida así)

$$a = \frac{\text{Energía absorbida}}{\text{Energía incidente}}$$

A<sub>tot</sub> = a la suma de todas las absorciones individuales

$$A_{tot} = a_1S_1 + a_2S_2 + \dots + a_nS_n$$

$$\text{Coeficiente medio de absorción: } \hat{a} = \frac{A_{tot}}{S_1}$$

S<sub>1</sub>+s<sub>2</sub>+s<sub>3</sub>= superficie total del recinto (paredes+ techo+suelo)

$$RT = \frac{0,161V}{\hat{a} S_t}$$

### **Criterios de selección de los materiales según comportamiento acústico**

El cálculo para los campos de reverberación depende no solo de los coeficientes de absorción de cada material, sino también el volumen, las superficies, y el tipo de actividad para la cual se haya previsto el espacio.

En el Anexo 1 se presentan los márgenes de RT recomendados para diferentes tipos de actividades.

### **Absorción de materiales:**

Al desarrollar diseño de espacios, se debe tener en cuenta el uso y aplicación de materiales para disminuir o mantener un nivel acústico apropiado. Cada material tiene un coeficiente de absorción que permite que la onda rebote y genere una reverberación o se disipe.

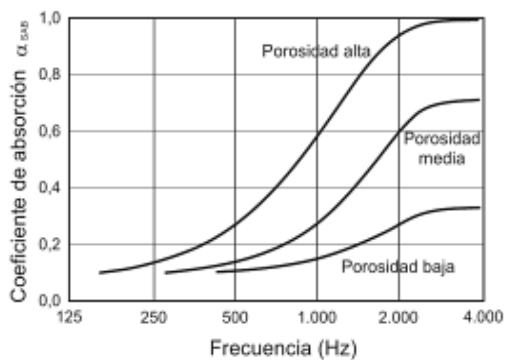
Según (Kuttruff, 2004), la absorción que sufren las ondas sonoras cuando inciden sobre los materiales usados como revestimientos de las superficies, y su dependencia en función de la frecuencia, varían de un material a otro.

Desde el punto de vista de la absorción sonora los materiales se clasifican en los absorbentes y los absorbentes selectivos o resonadores.

Los materiales absorbentes se usan con los siguientes objetivos: obtención de tiempos de reverberación adecuados a la actividad prevista para el espacio, prevención o eliminación de ecos, reducción del campo reverberante en espacios ruidosos; esto se logra con un revestimiento poroso. Algunos ejemplos de materiales con ésta propiedad son lana de vidrio, lana mineral, espuma de resina de melanina, espuma de poliuretano. Siendo los materiales mas utilizados para revestirlos, láminas de madera, yeso, plástico o papel, ladrillo perforado o ranurado, placa rígida de mortero, superficies microporosas.

En el siguiente cuadro se muestra la evolución del coeficiente de absorción en función de la frecuencia de un mismo material con distintos grados de porosidad.

Ilustración 20 coeficiente de Absorción/Frecuencia



Variación de la absorción en función de la frecuencia de un material absorbente con distintos grados de porosidad.

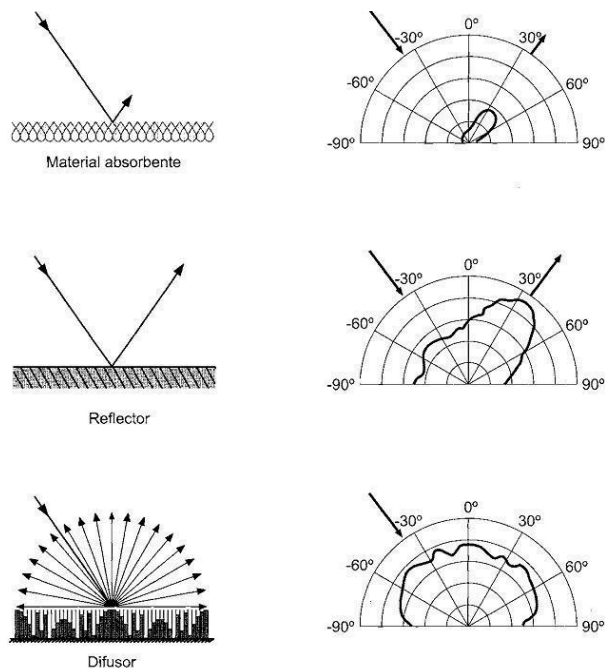
Fuente: (Isbert, 1998, p. 76)

De acuerdo al espacio requerido se diseñan elementos que dispersen las ondas sonoras de manera uniforme en diferentes direcciones. Las anomalías pueden manifestarse como ecos o

focalizaciones de sonidos no adecuados; los difusores con diseños irregulares pueden ser una solución relacionada al tamaño de la superficie.

Al desarrollar una onda sonora, esta viaja en diferentes direcciones por el espacio rebotando en materiales rígidos y re direccionándose en diferentes ángulos, generando la reflexión del sonido.

Ilustración 21 Diagrama de Efectos acústicos sobre materiales



Fuente: (Isbert, 1998)

En el material absorbente la energía reflejada es mínima, en el material reflector la energía reflejada es mucho mayor y está concentrada alrededor de la dirección de reflexión especular. En el caso del elemento difusor, la energía reflejada es elevada y está repartida de forma uniforme en todas las direcciones de reflexión.

La propiedad acústica de los materiales que se va a tener en cuenta como criterio es la absorción del material, para establecer comparativos de materiales que presenten más o menos reflexión del sonido, teniendo en cuenta los criterios formales de espacios interiores analizados.

### 1.3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES SEGÚN VALORES DE SOSTENIBILIDAD:

La conferencia de Naciones Unidas sobre el desarrollo sostenible que tuvo lugar en Rio de Janeiro Brasil del 20 al 22 de Junio de 2012, que reunió líderes mundiales, sector privado, ONG, con el fin de unir esfuerzos hacia el desarrollo sostenible y la promoción de un futuro desde el punto de vista económico, social y ambiental, determinó que hoy la sostenibilidad exige un nivel de vida decoroso que no comprometa las necesidades de las futuras generaciones, y que se trata de una oportunidad para definir las vías hacia un futuro sostenible, un futuro con empleos, con energía mas limpia, una mayor seguridad y un nivel de vida digno para todos.<sup>3</sup>

En Julio de 2015 el Ministerio de vivienda establece la Guía de construcción sostenible para el ahorro en agua y energía en edificaciones<sup>4</sup> define construcción sostenible como:

Aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios. Todo esto es alcanzado gracias a un proceso de diseño consciente del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012, p. 2)

Establece también que los aspectos que incluyen las edificaciones sostenibles son: eficiencia energética, eficiencia en agua, materiales de construcción de baja energía embebida, calidad de ambiente interior, sostenibilidad del emplazamiento, edificaciones y entorno exterior, sostenibilidad urbana.

En el documento de Criterios Ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana, desarrollado en 2012 por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible se afirma que la sostenibilidad en la arquitectura está asociada a los principios de la sostenibilidad ambiental debido a la gran cantidad de impactos ambientales generados por la industria de la construcción.

La arquitectura sostenible orienta su actividad en tres direcciones que se tendrán en cuenta para realizar la evaluación de materiales en esta investigación:

- Establecer las mejores condiciones espaciales y ambientales salud y confort.
- Racionalizar el uso de los recursos naturales.

---

<sup>3</sup> Rio+20 el Futuro que queremos. Recuperado de <http://www.un.org/es/sustainablefuture/sustainability.shtml>

<sup>4</sup> Res. 549/2015, documento técnico del OSC (Observatorio de construcción sostenible). (Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio, IFC Corporación Financiera Internacional, Camacol, 2015)

-Manejar los impactos negativos al entorno, a través de los criterios arquitectónicos y constructivos más respetuosos con el ambiente y manteniendo las condiciones de habitabilidad de las construcciones.

**-Sistemas de evaluación de sostenibilidad:** Con base en los principios de sostenibilidad generales de la arquitectura descritos anteriormente, se tiene en cuenta que existen sistemas de evaluación, cada uno de ellos establece un sistema de evaluación homogénea y coherente, pero con un sistema de valoración y ponderación diferente.

En el ámbito Europeo el sistema de calificación ambiental de los edificios se realiza mediante el sistema BREEAM<sup>5</sup>, éste sistema no se ha tenido en cuenta ya que no cuantifica todos los materiales dando una clasificación genérica. En España, el Observatorio de la Sostenibilidad (OSE)<sup>6</sup>, considera que el impacto que producen los materiales sobre el medio ambiente y la salud humana debe analizarse a lo largo de su ciclo de vida y le da importancia a otros aspectos de los materiales.

En el ámbito internacional se encuentra una base de datos de materiales, clasificados según su impacto ambiental, que elabora el (CSBR)<sup>7</sup> y que plantea la escogencia de los materiales en lo que tiene que ver con los criterios de sostenibilidad, basada en los siguientes objetivos:

Minimizar consumo y agotamiento de recursos, minimizar el impacto del ciclo de vida sobre el entorno y minimizar el impacto de los materiales sobre el ambiente interior.

Se pueden considerar los criterios para generar una categorización general donde se tratan los materiales de forma genérica para permitir su comparación:

Origen y procedencia, toxicidad del material, fin de la vida útil y ciclo de vida previsto.

## ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

La Arquitectura Sostenible introduce la variable del tiempo de vida de la construcción, que

---

<sup>5</sup> BREEAM® (*Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology*).

Evalúa impactos en 10 categorías (Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso ecológico del suelo, Contaminación, Innovación). y otorga una puntuación final tras aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto.

El Building Research Establishment (BRE) es la entidad que lo gestiona. Fundada en 1921. Recuperado de: <http://breeam.es/index.php/conocenos/breeam-internacional>

<sup>6</sup> Observatorio de Sostenibilidad de España sede Universidad de Alcalá. Desde 2005. Es un centro de referencia de ámbito estatal que, de forma rigurosa, recopile, elabore y evalúe la información básica sobre la sostenibilidad en España. Recuperado de: <http://www.fgua.es/es/investigacion/centros-de-investigacion/ose>

<sup>7</sup> CSBR: Centro de Investigación para la Construcción sostenible de la Universidad de Minnesota. Recuperado de: <http://www.csbr.umn.edu/>



“Tiene en cuenta el impacto que va a tener el edificio durante todo su ciclo de vida desde su construcción, pasando por su uso y su derribo final” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012, p. 13)

Cada material produce un impacto diferente en el medio ambiente y en el ciclo de vida del edificio, por sus procesos de extracción, por los procesos de producción, la energía o agua que consumen y otros porque su final del ciclo de vida no se puede disponer de la mejor manera.

Los materiales deben evaluarse de acuerdo al ciclo de vida y a los impactos que se generan en cada uno de ellos, para poder poner en la balanza el mayor impacto, dependiendo del contexto en el que se encuentren.

El CSBR desarrolla Athena Eco Calculator for assemblies<sup>8</sup>, programa que permite evaluar el ciclo de vida de las edificaciones en diferentes categorías:

Consumo de energía, recursos usados, calentamiento global, efecto en la salud humana, contaminación.

Cada material produce un impacto al interior de los espacios, ya sea por sus compuestos, por los acabados que retienen polvo, o son volátiles, produciendo factores que en forma continuada, pueden provocar desequilibrios biológicos en las edificaciones.

La progresiva artificialidad del entorno humano ha generado espacios cada vez mas desvinculados de los elementos y condiciones de vida natural, resueltos mediante avances tecnológicos que en muchas oportunidades producen alteraciones de la salud, como consecuencia de la interacción entre las condiciones ambientales, generadas en el interior de los edificios, conocida como **Síndrome del edificio enfermo**. Éste obedece a diferentes factores que son:

-Factores químicos con capacidad contaminante: son los materiales que se encuentran en algunos acabados como formaldehidos, monóxido de carbono, ozono, fibra de vidrio, asbestos etc.

-Factores biológicos: bacterias, polen, polvo, moho, producidos por humedad, sequedad del ambiente etc.

-Factores físicos: Sistemas de aires acondicionados, campos electromagnéticos, y otras radiaciones.

---

<sup>8</sup> CSBR: Centro de Investigación para la Construcción sostenible de la Universidad de Minnesota.  
Recuperado de: <http://www.csbr.umn.edu/research/ecocalculator.html>

**Consecuencias:** Problemas de salud para los habitantes: tensión nerviosa, infecciones, agotamiento, fatigas, irritación ocular, nasal, sequedad de garganta, pérdida de concentración, náuseas, y debilitación del sistema inmunológico.

El diseño de un edificio debe considerar la selección de los materiales teniendo en cuenta los efectos micro ambientales, su durabilidad, y su mantenimiento.

## CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

Partiendo de la problemática de ésta investigación, que plantea como hipótesis: las relaciones desarticuladas entre la arquitectura y el diseño interior desde la bioclimática, pueden traer consecuencias negativas en los edificios como deficiencias en el confort para los habitantes, edificios enfermos y derroche energético. Se propone el desarrollo de una herramienta para la selección de materiales en espacios interiores, que ayude a tomar las decisiones correctas al momento de especificar y seleccionar los materiales. Esta herramienta se basa en el análisis de criterios formales bioclimáticos confrontados con las propiedades de los materiales, situado en un contexto climático específico basado en la clasificación climática de Colombia, para así poder establecer unos comparativos entre materiales, evaluando las propiedades físicas y de sostenibilidad.

Según los criterios de análisis formal expuestos, se identifican elementos para poder entender la estructura y composición del espacio interior, que va a servir como fundamento y análisis cualitativo, a través de criterios formales de bioclimática que se consideran esenciales para poder entender los impactos de las condiciones del entorno sobre las edificaciones y las posibles respuestas como solución arquitectónica. Esta herramienta no busca generalizar sobre la forma apropiada para determinado clima o entorno, sino que partiendo de unas situaciones formales ideales para cada clima, presentar herramientas para poder realizar el análisis.

### 2.1. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

Se propone una metodología para desarrollar la herramienta, que relaciona unos **criterios de análisis formal bioclimático**, es decir de las características de los espacios según los principios formales en el interior, con los aspectos de confort térmico, lumínico y acústico a través de la identificación **de criterios de las propiedades de los materiales**, y **criterios de sostenibilidad**.

Las variables que se tienen en cuenta son: los datos climáticos iniciales de ubicación del espacio a analizar, la síntesis de los requerimientos de confort recomendado para cada clima, el estudio de criterios y estrategias arquitectónicas de bioclimática para interior, coherentes con las estrategias formales arquitectónicas y de envolventes.

Los criterios que se consideran para la evaluación de los materiales de interior son:

1. Criterios formales de compartimentación, conexión, color y textura.
2. Criterios formales de volumen, proporción y orientación según el clima.

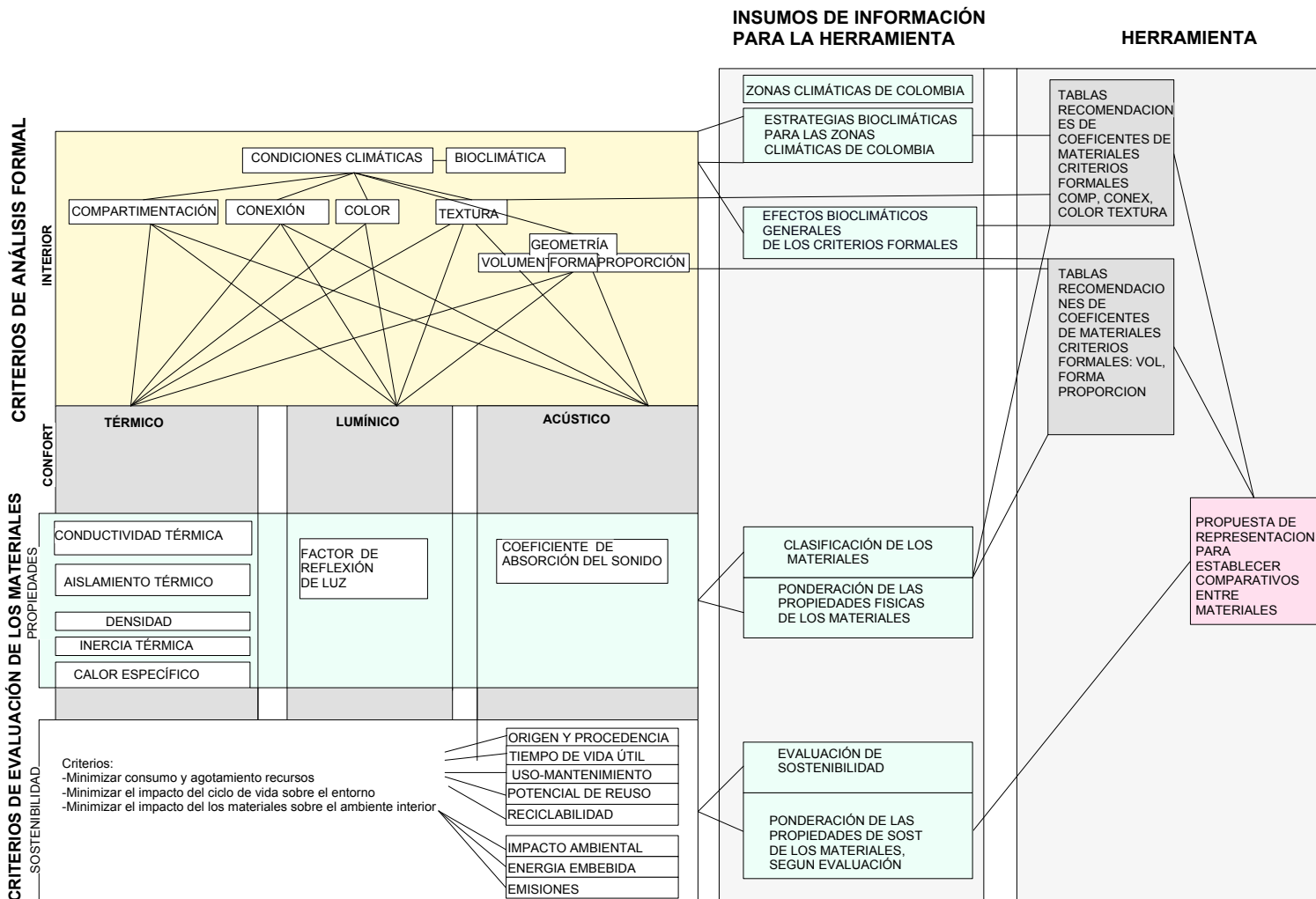
### 3. Criterios de sostenibilidad: Uso de los recursos, impacto negativo en el entorno.

La metodología que se plantea, establece relaciones entre elementos cualitativos (criterios formales de espacio interior) y cuantitativos (coeficientes de las propiedades de los materiales y calificación de criterios de sostenibilidad).

La metodología es analítica descriptiva ya que es un análisis formal con criterios de bioclimática, para el estudio de los espacios de forma individual. Y también el método inductivo donde se tienen en cuenta características formales de los espacios, propiedades de los materiales, y características de sostenibilidad de los materiales, donde se les da un puntaje de evaluación ya establecido.

A través de ésta herramienta se pretende establecer comparativos tanto en el análisis formal de tipo cualitativo, como en la evaluación de materiales de tipo cuantitativo que facilite la toma de decisiones en la selección de estos, partiendo de la aplicabilidad en casos específicos de determinados espacios.

Ilustración 22 Mapa desarrollo de la herramienta



Elaboración Propia.

El desarrollo de esta herramienta involucra el análisis de la información y desarrollo de unos insumos de información que van a ser los que alimenten las variables de evaluación.

Se desarrollaron las tablas de recomendación de coeficientes de materiales para los criterios formales 1 y 2 descritos anteriormente, para cada clima de Colombia. Estas tablas se encuentran en el Anexo 3.

## 2.2. INSUMOS PARA EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

En este capítulo se presentan los insumos de información es decir los análisis y recopilaciones de información que sirven como criterios de evaluación para la herramienta y como fuente para el desarrollo de las tablas de recomendación. Estos insumos son:

- Las estrategias bioclimáticas para las zonas climáticas de Colombia.
- Análisis formal y efectos bioclimáticos según el análisis formal.
- Clasificación de los materiales de interior, y ponderación de los materiales.

### 2.2.1 ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS PARA LAS ZONAS CLIMÁTICAS DE COLOMBIA

Para la elaboración de este insumo se toman como base las estrategias de los principios de diseño según los requerimientos de confort para cada clima planteadas por (Givoni, 1969) se dan las recomendaciones de acuerdo a la clasificación climática de Colombia, en los climas que tienen las mismas características y se presentan las recomendaciones que plantea la Cartilla de construcción sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012).

(Givoni, 1969) en su libro *Man, Climate and Architecture*, expone los principios generales de diseño arquitectónico basados en el confort y en la descripción detallada de la clasificación climática de Miller, teniendo en cuenta la selección de materiales.

Ilustración 23 Tabla de estrategias bioclimaticas para zonas Colombia

CLIMA CALIDO SECO (Recomendaciones para clima cálido húmedo en Colombia).

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	De 0-800 mts sobre el nivel del mar Árido, vientos alisios de NW y SW hacia el Ecuador. Humedad relativa inferior al 75%. Radiación solar intensa, 2100-2500 horas promedio anual Vientos de 2-3 m/s, puede llegar a 4m/s. Rangos muy altos de temperatura: día superior a los 24°C noche 15-25°C Lluvias pocas y espaciadas. Precipitaciones 0-1500 mm anuales.
REQUERIMIENTOS DE CONFORT	Edificaciones se deben adaptar a las situaciones extremas de los veranos. Las ventanas abiertas reducen el potencial de control de temperaturas internas. Las altas temperaturas en el día hacen que haya pérdida de calor convectivo desde el cuerpo. No es conveniente la ventilación durante el día. Se debe tener en cuenta la orientación de los muros. Se debe ventilar en las tardes y noches, con ventilaciones cruzadas, las habitaciones deben ser individuales.
PRINCIPIOS DE	Techos planos, materiales pesados, pocas ventanas, el concreto es muy usado en estos

DISEÑO	climas. Se deben hacer estructuras compactas para que haya menor cantidad de fachadas soleadas. Se deben hacer patios, y reducir al mínimo la ventilación durante el día para que no entre el aire caliente. En muchos casos es necesaria la ventilación mecánica. Los edificios subterráneos tienen mayor estabilidad térmica. Generar ventilación cruzada en la tarde y la noche.
PRINCIPIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	Usar cemento con un material aislante al interior que puede ser lana de roca, el espesor del muro se puede calcular según la temperatura exterior que se quiere aislar, las ventanas deben tener persianas que deben estar cerradas en el día, hacer que el aire frío captado en la noche se conserve al máximo, en el interior.
CRITERIOS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)	Uso eficiente de la ventilación natural y de la asoleación y, aprovechamiento de la energía eólica, y en los materiales la aplicación de propiedades físicas de materiales relacionadas con la inercia térmica.

#### CLIMA CALIDO HÚMEDO (Recomendaciones para clima cálido húmedo en Colombia)

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	De 0-800 mts sobre el nivel del mar. Humedad relativa superior al 75%. La temperatura fluctúa entre los 20-27°, y depende también de las montañas aumentando así de 0.4 a 0.5 ° cada 100 mts. de altura. Radiación solar intensa, 1300-2100 horas promedio anual Precipitaciones anuales 1500-7000 mm anuales. Vientos 1-3 m/s. Son zonas húmedas y lluviosas, con tormentas eléctricas en las costas, y en el interior fuertes brisas. Vegetación densa, mucha nubosidad, suelo húmedo.
REQUERIMIENTOS DE CONFORT	El clima es similar durante todo el año, debido a la alta humedad relativa se necesita viento para ayudar a la evaporación, y mejorar el confort. Se necesita proteger de la lluvia y la intensidad solar.
PRINCIPIOS DE DISEÑO	Ventilación continua y eficiente, protección del sol, lluvia e insectos. Se deben hacer habitaciones con puertas y ventanas, espacios abiertos entre edificios, para que circule el viento, levantamiento de edificios sobre zancos, para que se ventile la parte inferior de las edificaciones, aislar de la vegetación y prevenir inundaciones y termitas.
PRINCIPIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	Localización de las ventanas de acuerdo a la circulación del aire. Largas puertas de entrada que eviten entrada del sol, y la inclusión de insectos. Usar pivotes horizontales para ventanas. Las renovaciones de aire se podrían hacer con aire de zonas mas frescas como patios o zonas subterráneas. Así mismo se deben crear ventilaciones cruzadas salidas altas del aire, y entradas bajas teniendo en cuenta las áreas de entrada y salida, frente a lo que se quiere renovar de aire.

	Las condiciones mínimas de renovación del aire son entre 15 y 30 m <sup>3</sup> de aire por hora y por persona.
CRITERIOS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)	Uso eficiente de la ventilación natural al interior de la vivienda y entre viviendas, el uso de la asoleación y el aprovechamiento de la energía eólica. En lo que tiene que ver con los materiales, la aplicación de propiedades físicas de materiales que aumenten el aislamiento térmico o refrigeración pasiva buscando disminuir el exceso de humedad en la vivienda.

#### CLIMA SUBTROPICAL MONTAÑOSO TEMPLADO (Recomendaciones para clima templado Colombia)

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	De 800-1800 mts sobre el nivel del mar. Humedad relativa entre 70 % y 85%. Vientos entre 1 y 3 m/s Temperaturas de 18 a 24°C en verano. Tormentas de lluvia frecuentes. Precipitaciones 2000 y 3000 mm. Vientos fuertes en los valles, alto nivel de condensación por temperaturas relativamente altas y alta humedad durante las lluvias.
REQUERIMIENTOS DE CONFORT	Es necesaria la ventilación en las tardes para reducir las temperaturas de muros. Se debe evitar la condensación al interior y la entrada de agua en invierno. (Es un problema crítico por el vapor del viento, especialmente en edificios prefabricados).
PRINCIPIOS DE DISEÑO	La condensación también determina la escogencia del material, y de sus acabados o pinturas, pero deben ser materiales alta resistencia y capacidad térmica, como el concreto, teniendo en cuenta su densidad. Ventilar lo suficiente para que circule el aire y no haya tanta humedad relativa y por consiguiente no haya tanta condensación al interior.
PRINCIPIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	Prevenir los puentes térmicos, ventilar para evitar humedades por condensación. Cielo raso como aislante térmico, muros exteriores mampostería pesada o llena.
CRITERIOS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)	Uso eficiente de la ventilación natural y de la asoleación y aprovechamiento de la energía eólica, y en lo que tiene que ver con materiales, la aplicación de propiedades físicas de materiales relacionadas con la climatización pasiva mediante la acumulación de calor en el día para la irradiación nocturna.

#### CLIMA SUBTROPICAL MONTAÑOSO – FRÍO (Recomendaciones para clima frío Colombia)

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	De 1800 mts. en adelante sobre el nivel del mar. Humedad relativa entre el 60% y 80%. Vientos muy fríos, entre 1 y 3 m/s Calor seco en el día Temperaturas entre 12°C y 17°C y temperaturas de 4°C a 12°C en noches. Tormentas de lluvia frecuentes, precipitaciones entre 1000 y 3000 mm. Vientos
----------------------------	--



		fuertes en los valles, alto nivel de condensación por temperaturas relativamente altas y alta humedad en las noches.
REQUERIMIENTOS DE CONFORT		Se debe evitar la condensación al interior y la entrada de agua en épocas de lluvia. Se deben evitar las pérdidas de calor en las noches y aprovechar las entradas de calor en el día.
PRINCIPIOS DE DISEÑO	DE	La condensación también determina la escogencia del material, y de sus acabados o pinturas, pero deben ser materiales alta resistencia y capacidad térmica, teniendo en cuenta su densidad. Ventilar lo suficiente para que circule el aire y no haya tanta humedad relativa y por consiguiente no haya tanta condensación al interior. Materiales masivos con alta inercia térmica, densos y de alta conductividad térmica. Muros con textura y color oscuro para absorber calor y acumularlo.
PRINCIPIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	DE Y	Prevenir los puentes térmicos, ventilar para evitar humedades por condensación.
CRITERIOS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)		Uso eficiente de la ventilación natural y de la asoleación y aprovechamiento de la energía eólica, y en lo que tiene que ver con materiales, la aplicación de propiedades físicas de materiales relacionadas con la climatización pasiva mediante la acumulación de calor en el día para la irradiación nocturna. Se debe tratar de conservar el aire caliente y aislar al máximo los cerramientos, limitar las entradas de aire exterior y pérdidas de aire caliente.

Elaboración Propia.

Fuentes: (Givoni, 1969, pp. 341-370), (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012, pp. 83-87).

## 2.2.2 PROPUESTA DE INSTRUMENTO DE ANÁLISIS FORMAL

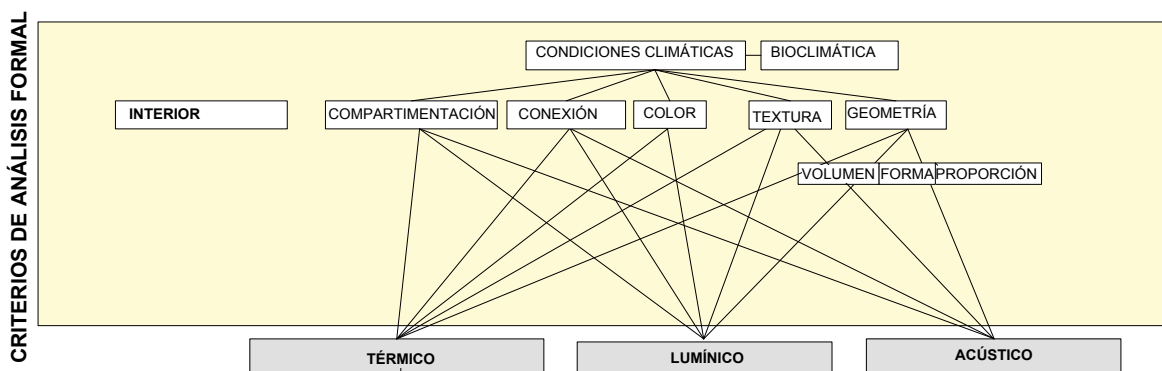
Se propone hacer un análisis formal de los espacios, haciendo uso de las herramientas descritas anteriormente como criterios formales desde la bioclimática para luego poder evaluar los materiales según las necesidades de cada caso.

### ANÁLISIS DEL ESPACIO INTERIOR/ CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS

Aunque los elementos de análisis de la forma son de tipo cualitativo, se propone una metodología de análisis descriptivo, se encontró que algunos elementos que influyen en el confort interior, pueden medirse cuantitativamente para su evaluación.

Para el uso de esta herramienta se debe hacer un análisis del espacio interior donde se determinen las características de tipo cualitativo del espacio, teniendo en cuenta estos criterios, se puedan categorizar determinando las condiciones térmicas, lumínicas y de acústica.

Ilustración 24 Cuadro de criterios formales



### Los criterios formales que se van a tener en cuenta son:

Compartimentación: Alta o baja

Conexión: Alta o baja

Colores: claros u oscuros

Textura: alta rugosidad, baja rugosidad

Geometría: Volumen, forma y proporción. (Se presentan unos ideales formales de geometría de acuerdo al clima para establecer un diagnóstico formal inicial).

Fuente: Elaboración propia

### -EFECTOS BIOCLIMÁTICOS GENERALES DE LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS FORMAL

El objetivo de este insumo es hacer un análisis de los efectos de la bioclimática desde los puntos principales de ésta investigación que son: la térmica, la lumínica y la acústica; plantear diferencias bioclimáticas generales de acuerdo a los criterios de análisis formal, sobre los cuales se va a profundizar cuando se establezcan las categorizaciones formales y sus respectivos efectos bioclimáticos.

Ilustración 25 Tabla de Criterios de análisis formal

COMPARTIMENTACIÓN	LUMÍNICO	TERMICO	ACÚSTICO
Cantidad de espacios en el interior			

Baja compartimentación	Más fácil de iluminar el interior con luz natural.	Más compartida más variedad climática. Puede aparecer estratificación del aire.	Baja compartimentación más reverberación.
Alta compartimentación	Más difícil de iluminar. Más zonas centrales sin posibilidades de iluminación natural.	Permite la adecuación del ambiente para cada actividad.	Alta compartimentación menos reverberación.

<b>CONEXIÓN</b> Cómo pasar de un espacio a otro	<b>LUMÍNICO</b>	<b>TÉRMICA</b>	<b>ACÚSTICA</b>
Baja	-Menos paso de luz de luz y más oscuridad en los espacios.	-si la conexión es vertical se realiza transferencia térmica en sentido ascendente. Horizontalmente por transmisión y por convección.	-Permite menos paso del sonido.
Alta	-Con materiales traslucidos se permite el paso de luz entre espacios.	-Se pueden producir fenómenos de estratificación térmica.	-Permite más paso de sonido.

<b>PESO DEL INTERIOR</b> Concepto de inercia térmica	<b>LUMÍNICO</b>	<b>TERMICA</b>	<b>ACÚSTICA</b>
Baja		-Los elementos ligeros con poca inercia pueden ser buenos aislantes.	-Menor pesadez menor aislamiento.
Alto		-Mayor pesadez mayor inercia, tener en cuenta los materiales aislantes.	-Mayor pesadez mayor aislamiento.

<b>COLOR</b>	<b>LUMÍNICO</b>	<b>TÉRMICA</b>	<b>ACÚSTICA</b>
--------------	-----------------	----------------	-----------------

Absorber o reflejar			
Claros Baja inercia	-Colores claros reflexión mejor de la luz natural.	-Menos inercia térmica.	-No tiene incidencia.
Oscuros Alta inercia		-Favorecen la inercia térmica.	

<b>TEXTURA</b>	<b>LUMÍNICO</b>	<b>TÉRMICA</b>	<b>ACÚSTICA</b>
Rugosidad interior			
Baja	Reflexión muy espectacular.		Baja rugosidad aumenta el tiempo de reverberación.
Alta	Reflexión difusa.	-Alta rugosidad favorece el intercambio de calor por convección, aumenta el rozamiento.	Alta rugosidad disminuye el tiempo de reverberación.

<b>GEOMETRIA DEL ESPACIO</b>			
<b>VOLUMEN</b>	<b>LUMÍNICO</b>	<b>TÉRMICA</b>	<b>ACÚSTICA</b>
Menor volumen	-Relación entre superficies y aberturas.	-A mayor volumen mas problemas de estratificación, y ausencia en uniformidad de condiciones.	-Volumen menor, reverberación menor y menor cantidad de aire.
Mas volumen	Grandes espacios de poca altura deben complementarse con luz cenital.	-A mayor volumen mas problemas de estratificación, y ausencia en uniformidad de condiciones.	-Volumen mayor, reverberación mayor y mayor cantidad de aire.

<b>FORMA</b>	<b>LUMÍNICO</b>	<b>TÉRMICA</b>	<b>ACÚSTICA</b>
	-Formas de ventanas. La	-Estudiar la forma en relación a las fuentes	Estudiarlas para distribuir de manera

	distribución de la luz depende del acceso con relación a la forma.	de calor Las formas complejas o alargadas influyen en la distribución de la radiación y la convección, dependiendo de la posición de las fuentes de calor dentro del local.	uniforme el sonido.
--	--	--	---------------------

<b>PROPORCION</b> Concreción de la forma	-Estudiar formas vs entradas de luz.	Los espacios proporcionales alargadas mejoran con el acceso de energía lateral. Altura favorece la estratificación térmica. (favorable en climas cálidos)	Estudiarlas para distribuir de manera uniforme el sonido.
---	--------------------------------------	---	---

<b>DESNIVEL</b>	Favorece la penetración de luz, disminuye visión exterior.	Estratificación térmica, estudiar la repartición de la energía. Captarla por los niveles mas bajos para que la convección la reparta uniformemente.	Generan efectos en el sonido. Importante en salas de auditorios.
-----------------	--	--	---

<b>TOPOLOGIA</b>			
Tipo ambiental Espacios principales: salas comedores, habitaciones Espacios secundarios: circulaciones, almacenaje Espacios independientes. Cocinas, garajes.	Espacio principales en la periferia del edificio, y los independientes Secundarios en el interior.	Espacios principales orientación sur, se, so Los independientes usarlos como barrera.	Depende de los ruidos exteriores.
Tipo funcional:	La compatibilidad	Son pocos los espacios	Los espacios pasivos

Clasifica según el tipo de función energética: Complejas, generadoras, receptoras, pasivas.	luminica no es crítica, se soluciona con materiales opacos o traslúcidos.	generadores de energía térmica. Los espacios pasivos son barreras climáticas.	sirven como protectores o aislantes de los demás.
--	---	--	---

Cuadro: elaboración propia. Fuente: (Serra & Coch, 1991, pp. 264-274)

### 2.2.3 CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PARA ESPACIOS INTERIORES

Se ha hecho una clasificación de los materiales para espacios interiores teniendo en cuenta su origen, es decir si son naturales o artificiales, y según su naturaleza, es decir si son de origen mineral, vegetal o complementarios.

Ilustración 26 Tabla Criterios de clasificación de materiales

#### CLASIFICACIÓN DE MATERIALES SEGÚN SU ORIGEN

MATERIALES NATURALES: son aquellos materiales que se encuentran directamente en estado bruto en el medio natural. Son elementos renovables y no renovables dependiendo de lo que se demore en regenerarse.	*Madera *Pétreos Naturales: arena, grava, caliza, mármol, granito, pizarra, arcilla *Metales: hierro, acero, aluminio.
MATERIALES ARTIFICIALES: Son materiales elaborados por el hombre o materiales naturales que sufren alteraciones y modificaciones por el hombre siendo el resultado de algún proceso de fabricación.	*Maderas transformadas *Pétreos Artificiales: cerámica, arcillas cocidas, loza *Plásticos.

#### CLASIFICACIÓN DE MATERIALES SEGÚN SU NATURALEZA


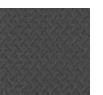
1.MATERIALES DE ORIGEN MINERAL	*Pétreos Naturales: piedra, mármol, granito, pizarra *Pétreos artificiales: tierras, ladrillos, tabletas baldosas, cerámicas, cementos, yesos. Morteros prefabricados, yeso y cementos *Metálicos: hierro, acero, aluminio
2.MATERIALES DE ORIGEN VEGETAL	*Maderas Naturales *Maderas Artificiales o transformadas *Cañas *Corchos

3.MATERIALES COMPLEMENTARIOS	*Vidrios y cristales: vidrio soplado y colado lana de vidrio, vidrios de seguridad, baldosas *Telas y papeles *Plásticos, termoplásticos y termo fraguantes *Caucho, poliuretano, poliestireno, policarbonato, espuma fenólica, acrílico *Telas, animales, vegetales, sintéticas
------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia

Se han clasificado los materiales en grupos y en subgrupos, y éstos se han categorizado según el uso en espacios interiores en materiales para pisos, paredes y cielo rasos.

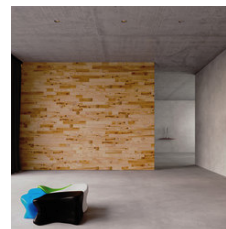
Ilustración 27 Tabla clasificación de materiales

GRUPO	MATERIAL	uso	MATERIALES TRANSFORMADOS PARA USO INTERIOR			APLICACIÓN DE MATERIALES EN INTERIOR
	AIRE					
	AGUA					
MADERAS						
	MADERA CONSTRUCCIÓN	Revestimiento pisos				
	MADERAS ASERRADAS	Revestimiento pisos				
	MADERA TRANSFORMADA TABLEROS CHAPADOS	Revestimientos muros y techos	 www.teakyourwall.com	 www.zadtech.ch	 www.admonter.eu	
	MADERA TRANSFORMADA TABLERO MACIZO,MDF FIBRAS	Paredes, muebles,carpintería				
FIBRAS NATURALES						
	CORCHO,CHUSQUE, FIQUE, PALMA	Revestimientos muros y techos				
	GUADUA	Revestimiento muro, piso , techo	 www.parklex.com	 www.walldecor.com	 Cocomosaic	
	FIBRA DE COCO	Revestimiento muro, piso , techo				
	CASCARILLA DE CAFÉ	Revestimiento muro, piso , techo				
	CASCARILLA DE ARROZ	Revestimiento muro, piso , techo				
PIEDRA						
	PIEDRA	Pisos,muros, mesones				
	MARMOL	Pisos,muros, mesones				
	GRANITO	Pisos,muros, mesones				
	PIZARRA	Pisos,muros, mesones	 www.levantina.com	 coveringsetc.com	 porcelanosa.com	
AGREGADOS						
	MORTERO CEMENTO	Revestimientos pisos				
	PREFABRICADOS BLOQUES	Revestimientos muros y techos				
	CONCRETO REF FIBRA VIDRIO	Revestimientos muros y techos	 CG middle east 1	 http://ivanka.hu	 http://www.metten.de	
	YESO SOBRE LADRILLO	Revestimientos muros y techos				
	LAM FIBROCE. Y YESO	Revestimientos muros y techos				
TIERRA CRUDA	T. PISADA, ADOBE ,BAHAREQUE	Revestimientos muros	 www.officinegullousa.com	 www.inox-schleiftechnik.de	 www.ornament-control.de	
TIERRA COCIDA	LADRILLOS-BLOQUES	Revestimientos muros y techos				
	TABLETAS VITRIFICADOS	Revestimientos muros y pisos				
CERAMICA	BALDOSA	Revestimientos muros y pisos				
VIDRIO						
	VIDRIO PLANO	Envolvente	 Mattoni di vetro	 http://www.kenzan-yakimono.com		
	VIDRIO EN BLOQUES	envolvente, estructura				
	VIDRIO ESTRUCTURAL	envolvente, estructura				
	FIBRA DE VIDRIO	Revestimientos muros				
METAL						
	ACERO Y HIERRO	Revestimiento muro y piso	 www.officinegullousa.com	 www.inox-schleiftechnik.de	 www.ornament-control.de	
	ALUMINIO	Revestimiento muro y piso				
	COBRE	Revestimiento muro y piso				
POLIMEROS NATURALES	CAUCHO	Revestimiento muro y piso				
POLIMEROS						
	POLIURETANO	Revestimiento muro y piso	 Aquaflor	 hornschuch.com	 houssini.com	
	POLIESTIRENO	Revestimiento muro y piso				
	POLICARBONATO	Revestimiento muro y piso				
	ESPUMA FENÓLICA	Revestimiento muro y piso				
	ACRILICO PVC PLEXIGLASS	Revestimiento muro y piso				
COMPUESTOS MINERALES Y PLASTICOS						
	CORIAN RESINA ACRÍLICA+ HIDROXIDO DE AL	Revestimientos, mobiliario	 www.dupont.com	 www.cosentino.com	 www.cosentino.com	
	SILESTONE/QUARTONE 85-95					
	MINERALES SILICE QUARZOS 5- 15 RESINA O POLIESTER	Revestimientos, mobiliario				
TEXTILES VEGETALE	ALGODÓN FIQUE MIMBRE	Revestimientos, mobiliario	 www.equipo-drtes	 www.crevin.com	 interface	
TEXT ANIMALES	LANA, ALPACA CUERO	Revestimientos, mobiliario				
TEXTIL	LANA DE ROCA (MINERAL)	Revestimientos, mobiliario				
TEXTILES SINTETICOS						
	FIELTROS SOBRE PARED/NYLON- POLIESTER	Revestimientos, mobiliario				
	ALFOMBRA SOBRE CEMENTO NYLON -POLIESTER	Revestimiento muro y piso				

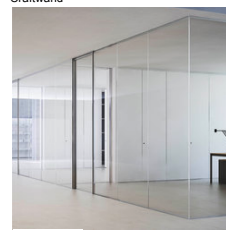
APLICACIÓN DE MATERIALES EN INTERIOR



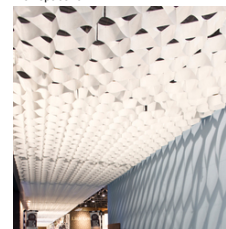
Acoustic



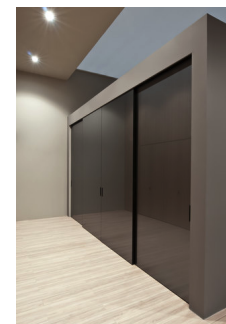
Craftwand



Wall space13



Honeycomb SQ



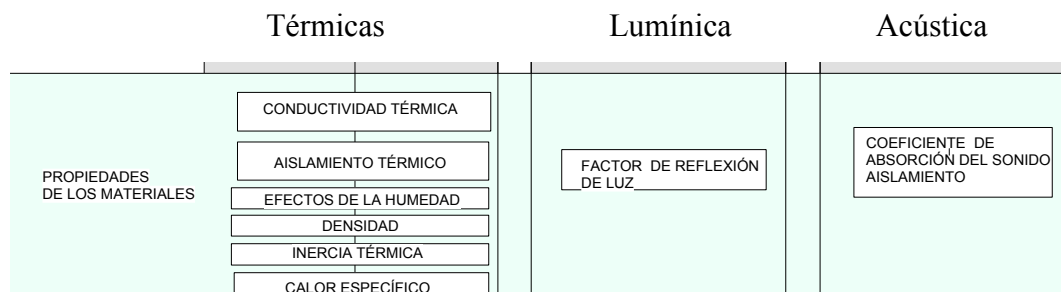
www.albed.it



## -PONDERACIÓN DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Para poder realizar una estandarización y evaluación de las propiedades de los materiales, se propone una ponderación porcentual de los coeficientes de los materiales de acuerdo a unos valores mínimos y máximos en cada caso. En esta investigación se han tenido en cuenta las características y los coeficientes de las propiedades de los materiales que plantea (Rocha, 2012).

Ilustración 28 Propiedades de los materiales a ponderar



Elaboración propia.

Esta ponderación porcentual va de 0 a 100, siendo para cada criterio 100% el valor máximo.

De esta forma se establecen unos rangos de recomendación para cada clima, en los que debería estar el material, teniendo en cuenta los criterios formales de bioclimática para las cuatro zonas climáticas de Colombia.

Ver Anexo 4 de Tabla de ponderación de coeficientes de porcentajes de los materiales.

### 2.3. PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES

Esta propuesta para la selección de materiales se divide en dos partes, la primera es la evaluación de los materiales y sus propiedades según los criterios formales del interior.

La segunda parte consiste en la evaluación de los criterios de sostenibilidad que se consideran más relevantes para el caso de la selección de materiales.

#### 2.3.1 SELECCIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN LOS CRITERIOS FORMALES.

Esta herramienta establece comparativos entre los materiales, estos comparativos se establecen para pisos, paredes o cielo rasos de manera independiente.

Se desarrollan tablas de recomendación que se encuentran en el Anexo 3: Tablas de Criterios formales-Clima, para evaluar los materiales y establecer rangos de valores máximos y mínimos de los coeficientes de las propiedades. Según el criterio formal que se vaya a analizar se establecen sombreados del rango donde se localiza el material. (En los

datos de entrada se debe determinar la tabla que se va a usar de acuerdo al clima y al criterio formal que se va a analizar ya que varían los valores y cambian los cuadros).

### **-CRITERIOS FORMALES: COMPARTIMENTACIÓN, CONEXIÓN, COLOR, TEXTURA**

En el primer grupo de criterios de evaluación que corresponde a la compartimentación, la conexión, color y textura, se desarrollaron los cuadros de recomendación de rangos de porcentajes para cada criterio.

Estas tablas se basan en las recomendaciones de confort de Givoni para cada uno de los climas, insumo de información que se muestra en la Ilustración 23, y se relacionan con los criterios formales del interior de los espacios, según el planteamiento de (Serra & Coch, 1991) Insumo de información que se muestra en la Ilustración 25 . Estos criterios son:

La compartimentación (alta y baja), la conexión (alta y baja), color en el interior (oscuros y claros) y textura (alta y baja rugosidad).

A continuación se presenta el ejemplo de la compartimentación, donde se muestra la tabla de ponderación de valores, de acuerdo a la compartimentación alta o baja que contiene los rangos de porcentaje de los coeficientes recomendados para cada uno de las propiedades de los materiales que se evalúan. Se presentan las variaciones de esta tabla de ponderación de acuerdo al clima, ya que esta es una variable que se tiene en cuenta desde el principio.

Así se considera para el caso de alta o baja compartimentación, el acercamiento a las zonas sombreadas, que son las recomendadas para la alta o baja compartimentación según sea el caso. Estos rangos de recomendación se establecen de acuerdo a las características y generalidades de los espacios en lumínica, térmica y acústica, en este caso para alta o baja compartimentación. Los colores azul y rojo son para diferenciar los rangos de alta o baja compartimentación.

Tabla de recomendación:

Ilustración 29 Tabla de ponderación de valores de compartimentación

**GRAFICA DE PONDERACIÓN DE VALORES máximos y mínimos SEGÚN EL CRITERIO DE COMPARTIMENTACIÓN**

COMPARTIMENTACIÓN	LUMÍNICO		factor reflexión	TERMICO	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	ACÚSTICO	coef. Absorción
Baja compartimentación	Más fácil de iluminar el interior con luz natural			Menos compartimentada menos variedad climática						Baja compartimentación más reverberación	
		0% 10%									
		10% 20%									
		20% 30%									
		30% 40%									
		40% 50%									
		50% 60%									
		60% 70%									
		70% 80%									
		80% 90%									
		100%									
Alta compartimentación	Más difícil de iluminar. Mas zonas centrales sin posibilidades de iluminación			Más compartida más variedad climática, estratificación de aire. Permite la adecuación del ambiente para cada						Alta compartimentación menos reverberación	
		0% 10%									
		10% 20%									
		20% 30%									
		30% 40%									
		40% 50%									
		50% 60%									
		60% 70%									
		70% 80%									
		80% 90%									
		100%									

Elaboración propia.

Se desarrollaron las tablas que incluyen la variable del clima; así, cuando se va a evaluar un material o grupo de materiales se debe hacer con la tabla de recomendación del clima específico. Ya que como se muestra en las siguientes gráficas, existen variaciones en los rangos de sombreados recomendados para cada propiedad de material.



Zona templada								Zona fría											
Altitud en el rango de los 800 a los 1.800 msnm								Altitud superior a los 1.800 msnm											
temperatura media anual entre 18o y 24oC								temperatura entre 12 y 17°C											
humedad relativa entre 70 y 85%								humedad relativa entre 60 y 80%.											
	factor reflexión	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	coef. Absorción		LUMÍNICO	factor reflexión	TERMICO	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	ACÚSTICO	coef. Absorción	
									Baja compartimentación	Más fácil de iluminar el interior con luz natural		Menos compartimentada menos variedad climática					Baja compartimentación mas reverberación		
0% 10%																			
10% 20%																			
20% 30%																			
30%40%																			
40% 50%																			
50% 60%																			
60% 70%																			
70% 80%																			
80% 90%																			
100%																			
									Alta compartimentación	Más difícil de iluminar.Mas zonas centrales sin posibilidades de iluminación natural		Mas compartida mas variedad climática, estarificación de aire.					Alta compartimentación menos reverberación		
0% 10%																			
10% 20%																			
20% 30%																			
30%40%																			
40% 50%																			
50% 60%																			
60% 70%																			
70% 80%																			
80% 90%																			
100%																			

Elaboración propia.

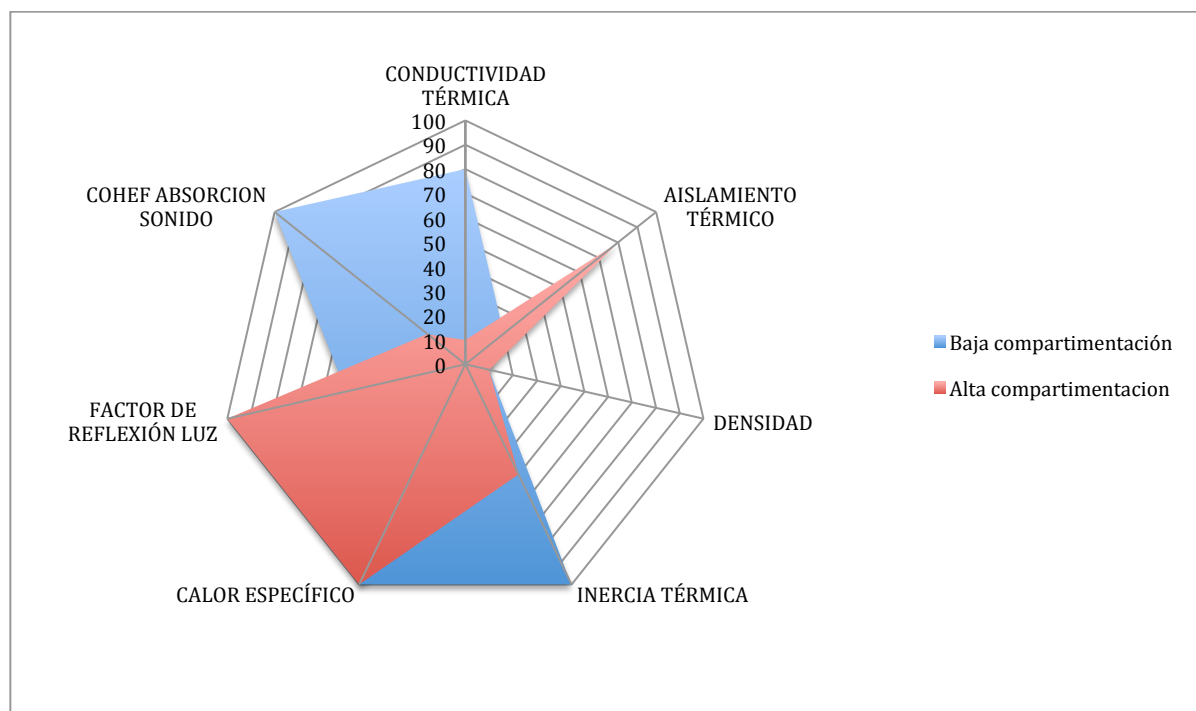
### Propuesta de representación:

Con base en los resultados de los rangos recomendados para cada clima en las tablas, se plasman esos valores y se representan en una gráfica de manera radial con sombreados, con el objetivo de poder establecer los comparativos de las diferentes condiciones formales, en este ejemplo de la alta y baja compartimentación del espacio. Los rangos de los coeficientes ideales sombreados que sirven como base de información preliminar de acuerdo a la tabla de clima que se haya determinado.

El mayor aporte de esta metodología es esta propuesta de representación, ya que a través de la gráfica radial de sombras se comparan los coeficientes de propiedades que se han introducido en las tablas previamente de los materiales dentro de los rangos de criterios formales, y permite comparar el comportamiento de los materiales a través de las propiedades analizadas de forma sencilla, y simultánea en varios materiales comparativamente.

Es decir que permite analizar: los rangos ideales de sombreado donde debería estar un material, el porcentaje del coeficiente de la propiedad ponderado de 0 a 100, y establecer comparativos entre las dos situaciones formales y el comportamiento de varios materiales al mismo tiempo.

Ilustración 31 Tabla de representación de valores de alta y baja compartimentación

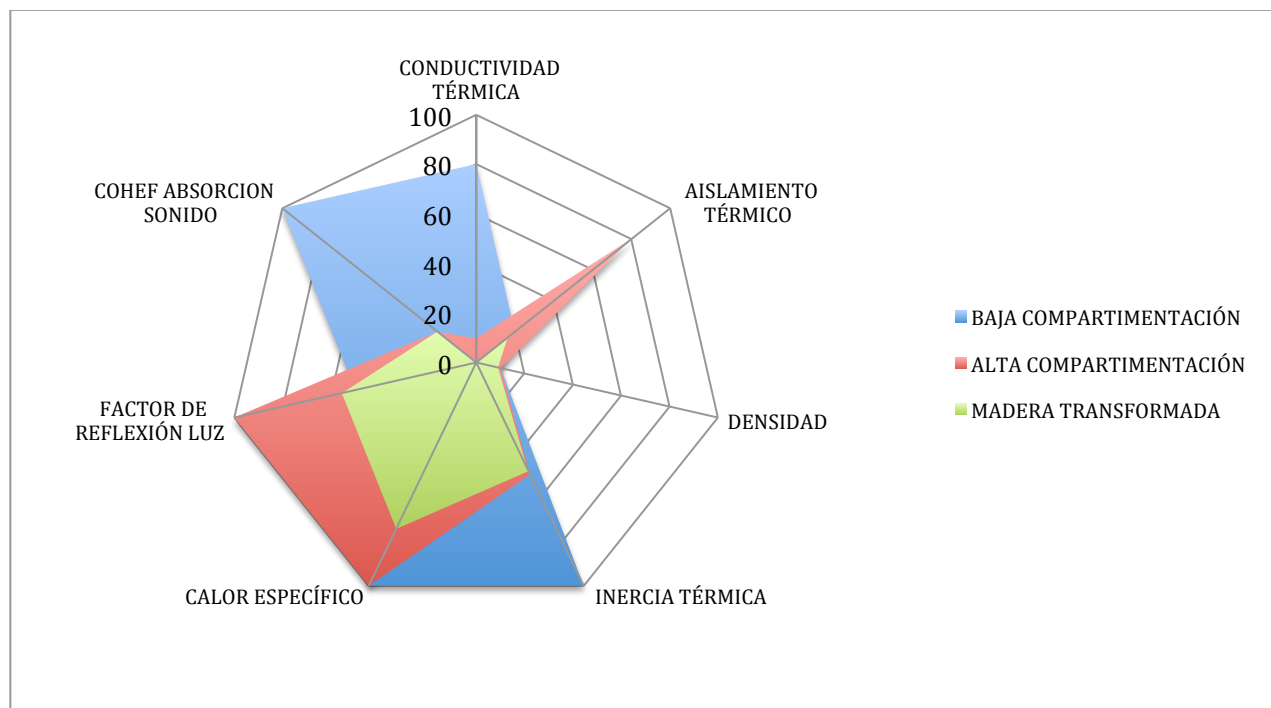


Elaboración propia.

Así el material que se va a analizar debe estar por dentro de la sombra, o acercarse, según sea el caso de alta o baja compartimentación del espacio.

En la siguiente gráfica se ha evaluado, la madera transformada, para analizar su ubicación dentro de la gráfica, en las zonas sombreadas recomendadas para alta y baja compartimentación, con la variable de clima frío.

Ilustración 32 Tabla de representación de valores compartimentación y la madera.



Elaboración propia.

### **-CRITERIOS: FORMA, VOLUMEN, ORIENTACIÓN, PROPORCIÓN**

Para los criterios de volumen, forma y proporción se plantea analizar los elementos con base en los principios de bioclimática y las recomendaciones formales más relevantes para cada uno de los cuatro climas en Colombia.

Se tomó el clima como una variable inicial para trabajar con la tabla de recomendación que corresponda al clima de ubicación del espacio. Teniendo en cuenta las recomendaciones de (Givoni, 1969, pp. 341-370) que se presenta en la Ilustración 23.

Se tomó la clasificación climática de Colombia, y las recomendaciones bioclimáticas para la cada zona; con base en estas generalidades se hizo una ponderación de rangos mínimos y máximos, según estas características formales.

Ver Anexo 3 Criterios formales-clima.








En este anexo se presenta un análisis de estrategias bioclimáticas para cada uno de los climas, teniendo en cuenta la que sería una situación ideal en forma, volumen, proporción y orientación para lograr confort lumínico, térmico y acústico.

Con base en ese análisis se realiza una ponderación de valores de las propiedades para la zona específica. Esta ponderación también se representa a través de un gráfico radial de sombreados que permite hacer comparativos entre materiales.

Se presenta el ejemplo de la tabla desarrollada para la zona fría, aunque los cuadros de recomendación para los cuatro climas están en el Anexo 3.



Ilustración 33 Tabla de estrategias bioclimáticas formales en zona fría

ZONA FRÍA						
Altitud superior a los 1.800 msnm, temperatura entre 12 y 17°C						
humedad relativa entre 60 y 80%.						
ARQUITECTURA		ESTRATEGIAS ARQUITECTÓNICAS BIOCLIMATICAS	INCIDENCIA INTERIOR			MATERIALES
			LUMINICA	TERMICA	ACÚSTICA	
FORMA	PLANTA 	Forma preferiblemente cuadrada para evitar pérdidas de calor			Materiales mayor inercia térmica y alto aislamiento acústico	Materiales masivos con alta inercia térmica, aislamiento térmico en las dos caras
	CORTE NP 2,30 MMS 	Techo plano o inclinaciones inferiores 15°, máximo hasta 25° con planos en dos direcciones expuestas a la radiación solar.. Alt 2,30	Fachada principal con asoleo todo el tiempo	Muros gruesos masivos.	Concreto: mas de 15 cms, mamposteria llena bloques arena cemento 25 cms, placa 12 cms, teja de barro y pizarra	Densos de alta conductividad térmica
		Ventanas grandes en fachadas sur, oriente, y occidente para ganancia solar	Ventanas pequeñas en fachadas laterales, con control solar en épocas de calor	Aislamiento térmico en caras internas. Superficies exteriores oscuras expuestas al sol captadoras de calor		Muros con textura y coloroscuro para absorber calor y acumularlo
VOLUMEN		Compacto y cerrado forma cúbica para mínima pérdida de calor	Superficies rugosas de color oscuro	Estrategias: cubiertas semiinclinadas, ajardinadas transitables, acumuladoras, o muro trombe calefactor.		Muros: ladrillos cerámicos, o materiales pétreos a la vista, muros en concreto. Muros int: muros delgados térmicos, placas de entrapiso
ORIENTACIÓN	ORIENTACIÓN 	Fachada principal orientada hacia el este o el oeste para ganancia solar directa, fachada sur ventanas grandes, fachada ppal perpendicular a viento	HACIA EL SUR  HACIA EL NORTE 			Pisos: piso a nivel de suelo térmicos, losa con aislamiento poliuretano. Cerámica, gres o cemento. Entablados sobre entramados de
PROPORCIÓN		aceptables proporciones 1:2, preferiblemente alargada para mayor asoleación en mañana y tarde				

Elaboración propia.

Partiendo de la tabla de análisis de la situación ideal de forma, volumen, orientación y proporción para determinado clima, se hace también una tabla de rango de sombreados de recomendación, representada con una gráfica radial que permite ubicar el material que se va a analizar.

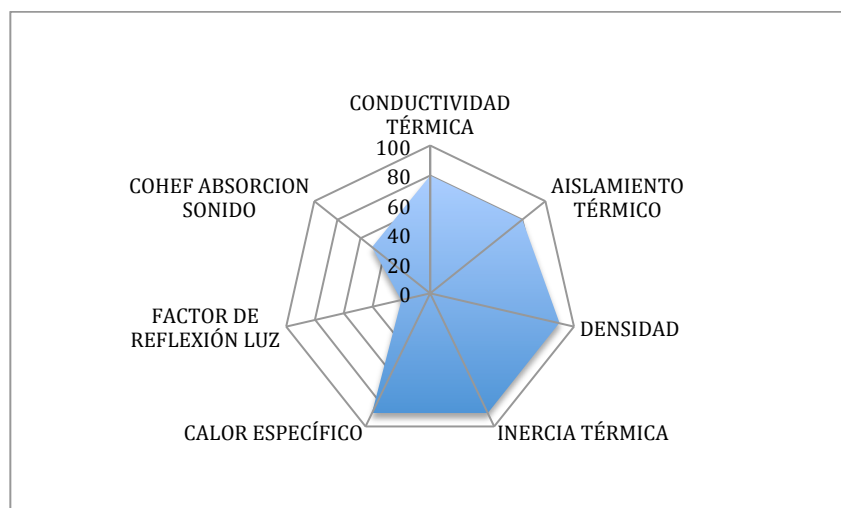
Ilustración 34 Tabla de ponderacion de valores de propiedades en zona fría

%	factor reflexión	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	cohef. Absorción
0% 10%							
10% 20%							
20% 30%							
30% 40%							
40% 50%							
50% 60%							
60% 70%							
70% 80%							
80% 90%							
100%							

Elaboración propia.

## GRÁFICA DE PROPIEDADES PARA LA ZONA FRÍA SEGÚN CRITERIOS DE FORMA VOLUMEN ORIENTACIÓN Y PROPORCIÓN

Ilustración 35 Tabla de representación de propiedades en zona fría



Elaboración propia.

### 2.3.2 SELECCIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Esta herramienta establece una evaluación de los criterios de sostenibilidad de los materiales. Teniendo en cuenta que la arquitectura sostenible orienta su actividad en tres direcciones, para realizar la evaluación de materiales en esta investigación se van a considerar los siguientes criterios:

- Establecer las mejores condiciones espaciales y ambientales para optimizar salud y confort.
- Racionalizar el uso de los recursos naturales.
- Manejar los impactos negativos al entorno, a través de los criterios arquitectónicos y constructivos mas respetuosos con el ambiente y manteniendo las condiciones de habitabilidad de las construcciones.

Se propone dividir estos criterios en dos partes:

**-El uso de los recursos:** que comprende la disponibilidad del material, el tiempo de vida útil, mantenimiento, potencial de reuso, reciclabilidad. En este nivel de criterios se toma el 100% como valor positivo.

**-Los Impactos negativos en el entorno:** Impacto ambiental, energía embebida, emisiones. Este nivel evalúa valores donde el 100% es el valor con mayor impacto negativo.

Se toma la puntuación de sostenibilidad planteada por (Szokolay, 2004) en el libro Introduction to Architectural Science. The basis of sustainable design. Se propone una ponderación de valores que le da a los materiales, según los criterios de sostenibilidad, que está basado en la ponderación de la certificación LEED<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Leed (*Leadership in environmental and energy design*)

Ilustración 36 Tabla de puntuación de criterios de sostenibilidad

	Raw material availability	Environmental impact	Embodied energy	Product life span	Freedom from maintenance	Product re-use potential	Material recyclability
Plantation-grown sawn softwood	4	4	4	3	2	2	1
Hardwood from native forests	2	2	5	4	3	4	1
Wood fibre hardboard	4	4	2	3	2	1	3
Medium density fibreboard (MDF)	5	4	3	3	3	3	2
Particleboard (chipboard)	5	4	3	3	3	1	4
Plywood	4	4	3	4	3	3	1
Glued laminated timber	4	4	4	4	3	4	2
Plastics (synthetic polymers)	3	2	3	4	4	1	3
Stabilised earth (cement or bitumen)	4	5	4	3	3	1	5
Building stone (sawn)	3	2	3	4	4	4	3
Clay bricks	4	3	4	5	5	2	3
Cement-concrete products	3	3	4	5	5	1	3
Fibrous cement (pine fibre)	4	4	3	5	5	1	1
Glass	3	3	3	5	4	3	4
Steel	4	3	3	4	3	3	5
Aluminium	4	1	1	5	4	2	5
Copper	2	1	2	5	5	1	5
Lead and zinc	2	1	2	5	5	1	5

Note: No attempt should be made to add up these numbers. The rating is purely qualitative and in the original no numbering is used. Here it is simply a convenience or short-hand to identify the qualitative rating.

Fuente (Szokolay, 2004, p. 239).

Esta tabla de puntuación de criterios de sostenibilidad de los materiales se ha traducido en porcentajes, con el fin de proponer un sistema de representación coherente y con el mismo lenguaje de el sistema de representación de los criterios formales.

Ilustración 37 Ponderación Tabla de puntuación de sostenibilidad materiales

PUNTUACIÓN	PONDERACIÓN POR PORCENTAJE %
0	0
1	20
2	40
3	60
4	80
5	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla de calificación de los materiales según valores de porcentajes

USO DE LOS RECURSOS															
		madera aserrada	panel fibra de madera	mdf	aglomerado	madera contrachapada	plasticos	cemento y concreto	piedra construcción	ladrillos	fibra cemento	vidrio	aluminio	acero	cobre
Extracción	Disponibilidad del material	80	80	100	100	80	60	60	60	80	80	60	80	80	40
Uso	Tiempo de vida útil	60	60	60	60	80	80	100	80	100	100	100	100	80	100
	Libre de mantenimiento	40	40	60	60	60	80	100	80	100	100	80	80	60	100
	Potencial de reuso	40	20	60	20	60	20	20	80	40	20	60	40	60	20
Demolición	Reciclabilidad	20	60	40	40	20	60	60	60	60	20	80	100	100	100
IMPACTOS NEGATIVOS EN EL ENTORNO															
		madera aserrada	panel fibra de madera	mdf	aglomerado	madera contrachapada	plasticos	cemento y concreto	piedra construcción	ladrillos	fibra cemento	vidrio	aluminio	acero	cobre
	Impacto ambiental	80	80	80	80	80	40	100	40	60	80	60	20	60	20
Producción	Energía embebida	80	40	60	60	80	60	80	60	80	80	60	20	60	40
	Emisiones	80	40	60	60	60	60	80	60	80	60	60	20	60	40

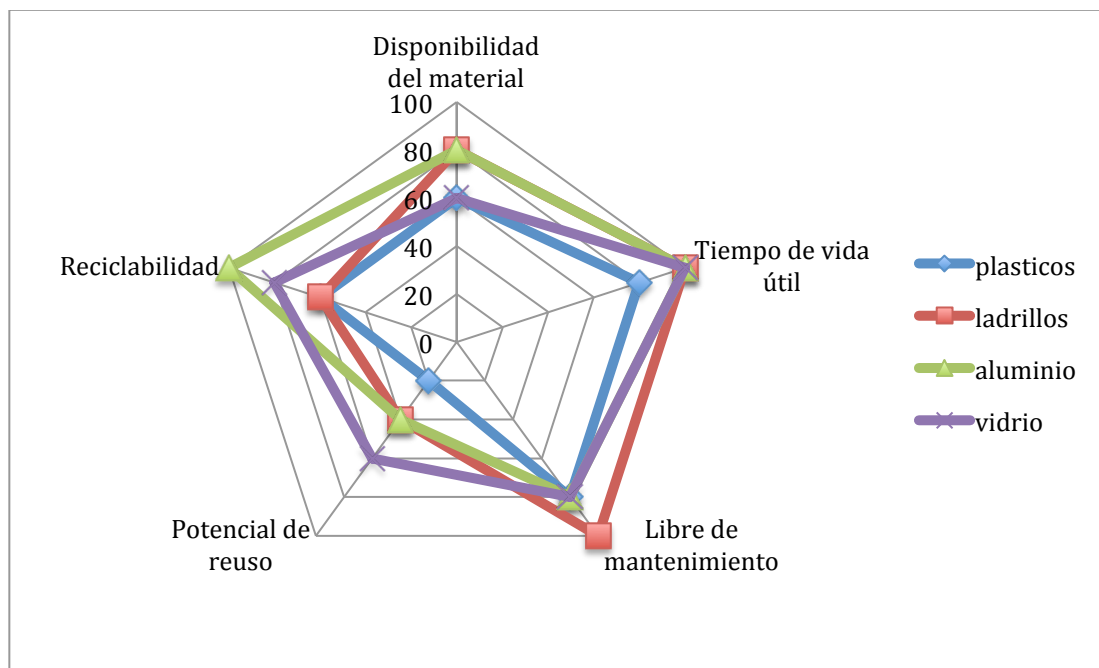
Fuente: Elaboración propia

### Propuesta de Representación:

Con base en la puntuación de Szokolay, y su traducción a porcentaje se plasman esos valores y se representan en una gráfica de manera radial con líneas, con el objetivo de poder establecer los comparativos de los diferentes aspectos de sostenibilidad. Con base en la tabla de calificación de los materiales según los porcentajes, se han dividido en dos gráficas: la primera es la de uso de recursos, donde los valores son de 0 a 100, donde 100 es positivo.

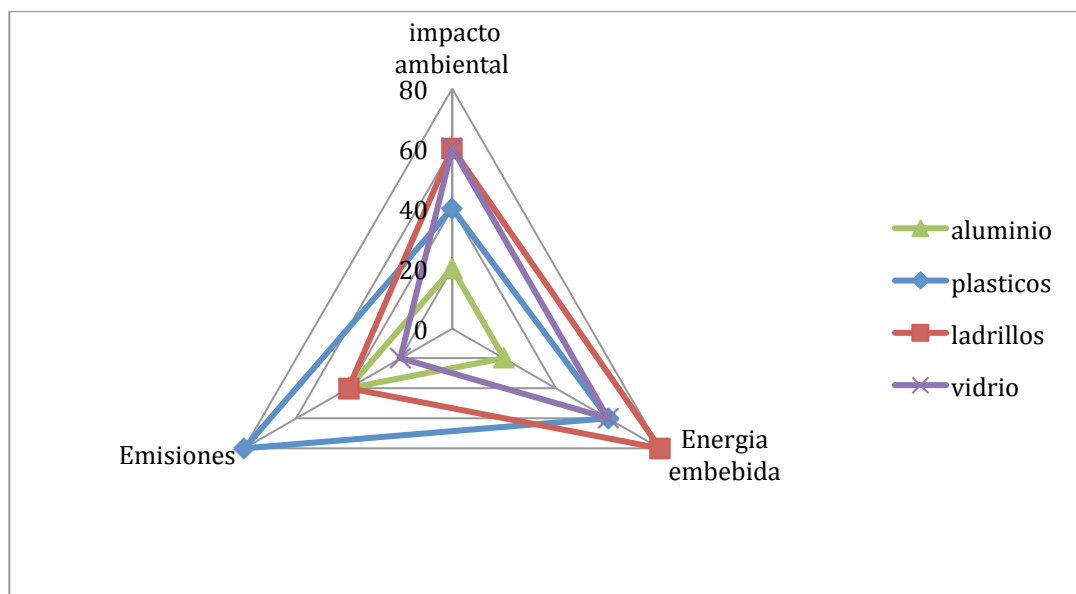
En la segunda gráfica los impactos negativos donde 100 es el mayor impacto.

Ilustración 38 Tabla de representación de criterios de uso de recursos



Elaboración propia.

Ilustración 39 Tabla de representación de criterios de impactos negativos



Elaboración propia.

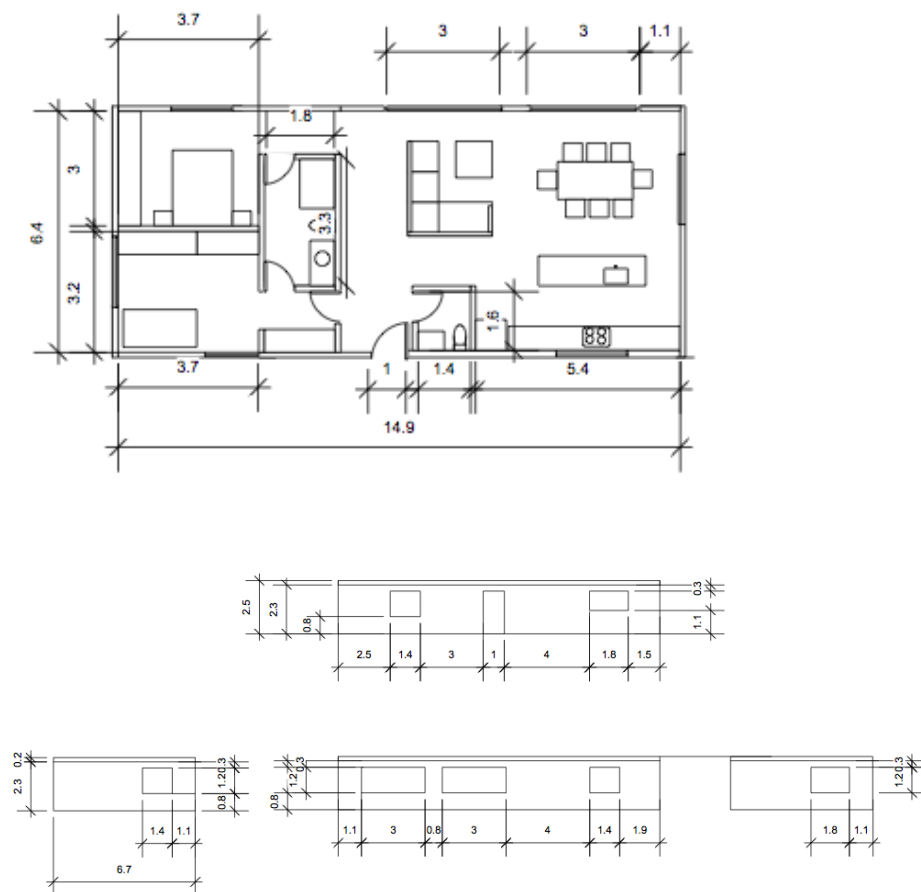
## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

### 3.1 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA Y COMPROBACIONES

Se tomó una casa para hacer la aplicación de la herramienta, en los tres puntos de evaluación:

1. Evaluación de los materiales según criterios formales de: compartimentación, conexión, peso interior, color, textura.

Ilustración 40 Plano de casa comprobación

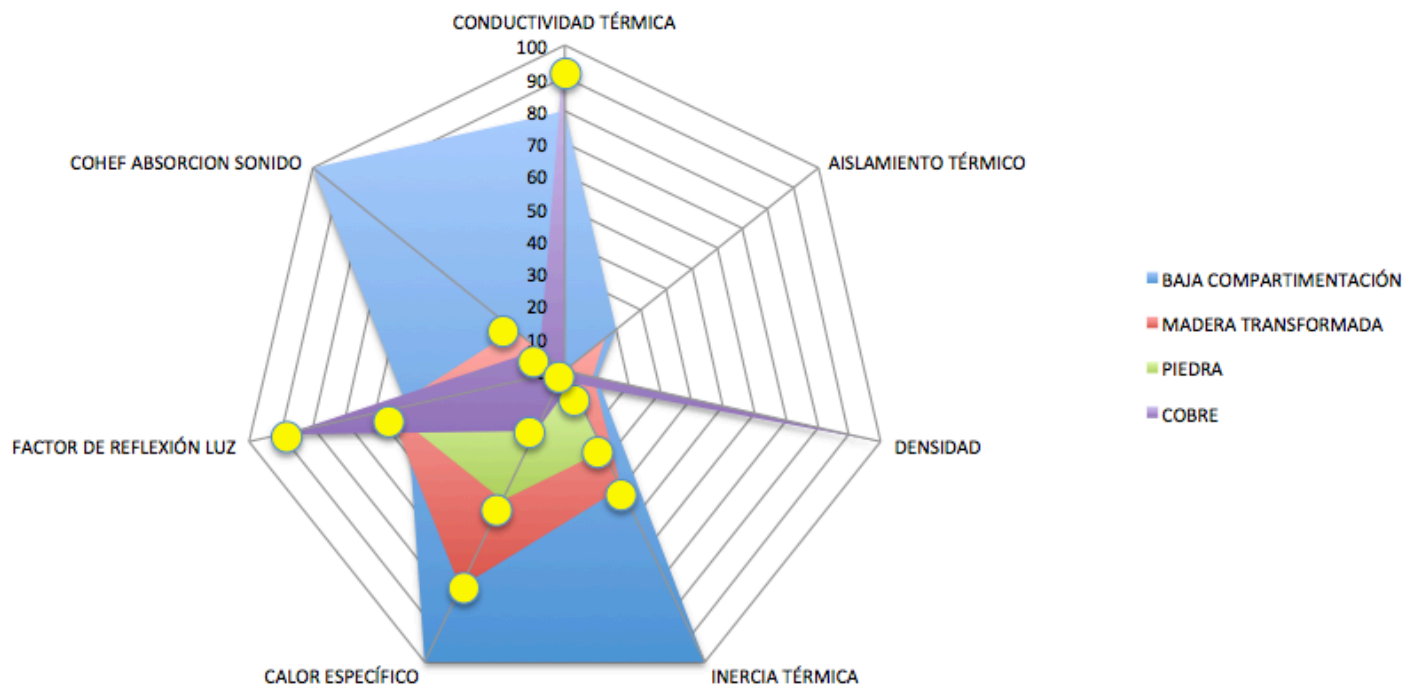


Elaboración propia.

Para esta comprobación, a manera de ejemplo se toma solamente el criterio de compartimentación para una casa en clima frío, para el caso de paredes.

Se comparan los materiales: madera transformada, piedra y cobre. Se determina que esta casa es de baja compartimentación. Se analizan los materiales para revestimientos de 2 cms de espesor.

Ilustración 41 Representación baja compartimentación-madera-piedra-cobre



Elaboración propia.

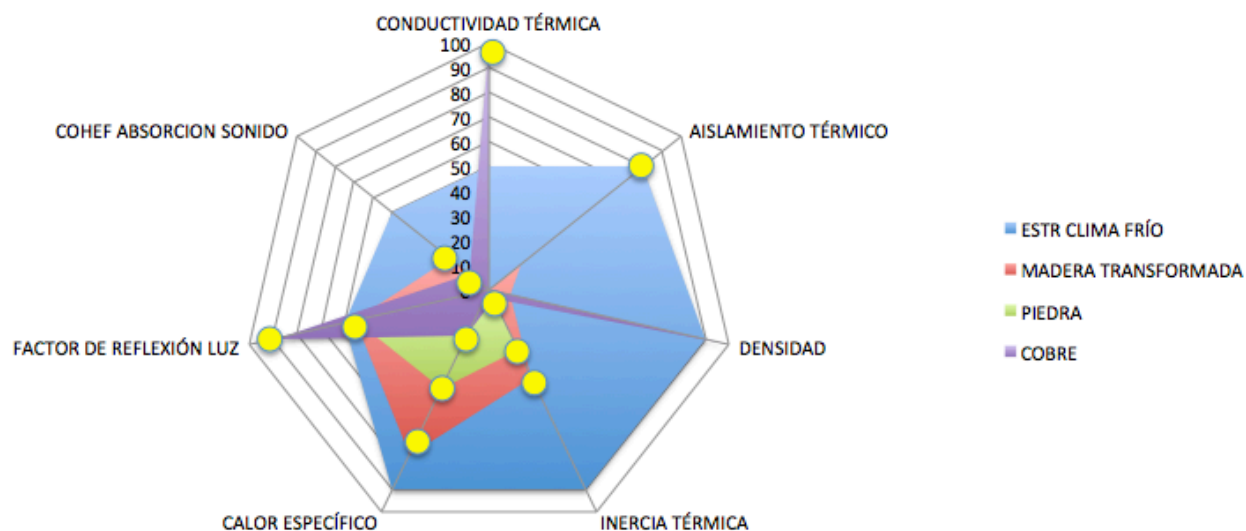
Según este grupo de criterios la madera es más apropiada para revestimiento de pared para este clima:

Se puede concluir que para clima frío, el que mejor comportamiento tiene es la madera. Por ser el material con más inercia térmica, más calor específico y mejor coeficiente de absorción del sonido.

2. Evaluación de los materiales según criterios formales de geometría: forma, volumen, proporción. Según los rangos que se analizan en la ponderación de los criterios de geometría y forma, se han establecido unas recomendaciones de rangos de las propiedades para cada uno de los climas, en este caso se tiene en cuenta la gráfica de clima frío. Ver Anexo 3.



Ilustración 42 representación estrategias clima frío /madera- piedra -cobre



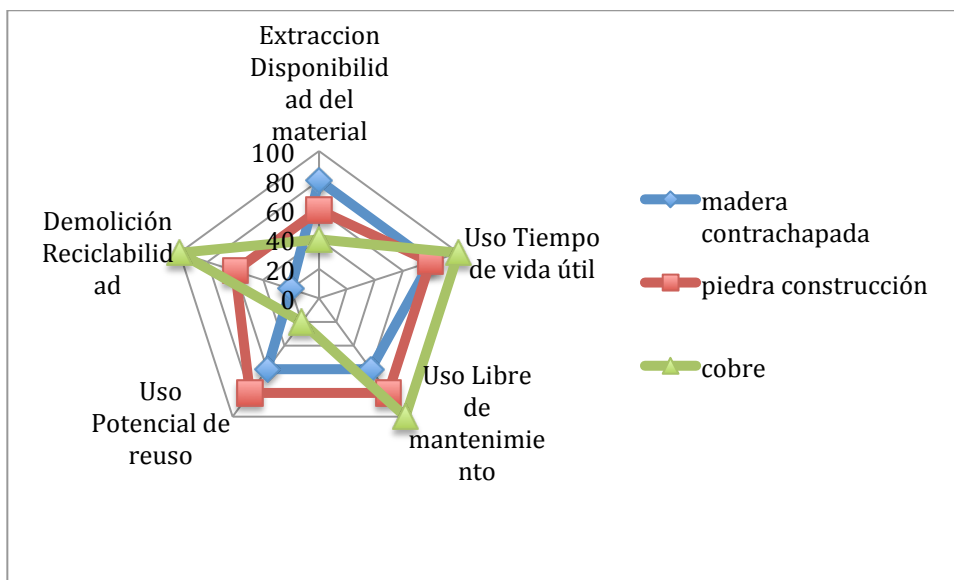
Elaboración propia.

Según este grupo de criterios, la madera es más apropiada para revestimiento de pared para este clima, la piedra se encuentra dentro del sombreado, pero la madera se acerca más a los valores ideales para el clima frío. Tiene más inercia térmica, más calor específico, más coeficiente absorción del sonido. Aunque el cobre tiene mejor conductividad térmica, tiene muy baja inercia, bajo calor específico, y muy bajo aislamiento térmico.

### 3. Evaluación de los materiales según los Criterios de sostenibilidad:

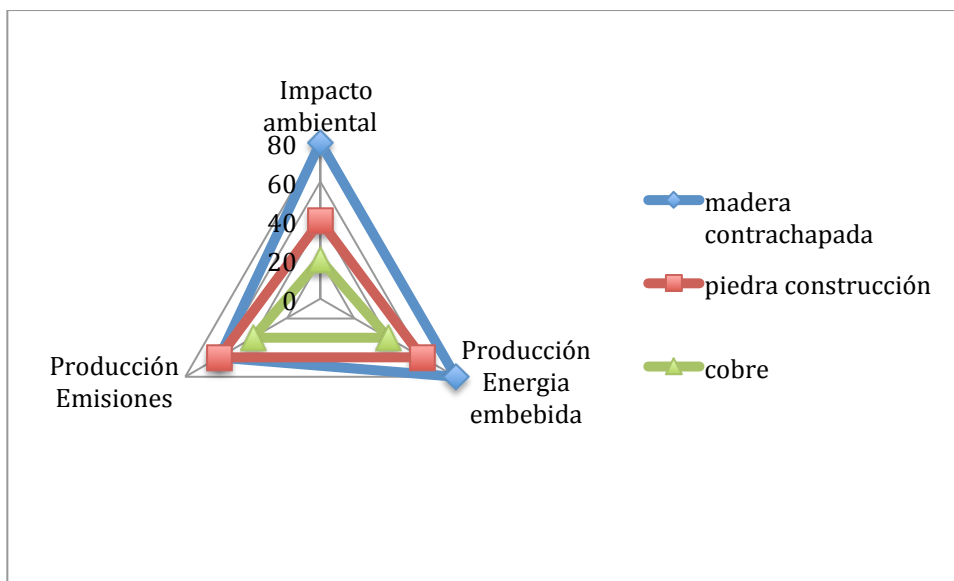
Gráficas de representación de la comparación de la madera, el cobre y la piedra, de los criterios de uso de los recursos y su impacto negativo para el ambiente.

Ilustración 43 Representación uso de los recursos



Elaboración propia.

Ilustración 44 Representación de impactos negativos



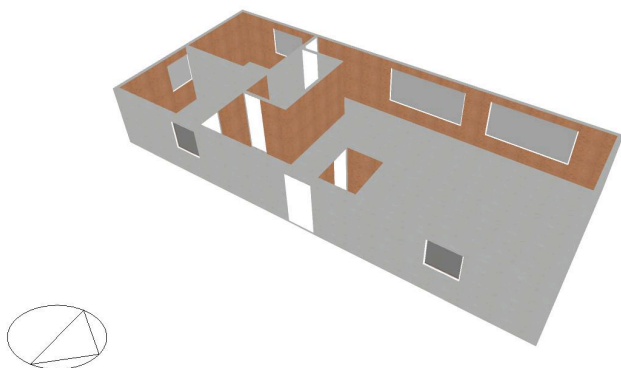
Elaboración propia.

En la comparación de estos tres materiales se concluye que la madera transformada (en este caso la contrachapada) produce mayor impacto ambiental, y es la de mayor producción de energía embebida, pero tiene alta disponibilidad del material y un buen potencial de reuso.

## Comprobación térmica

Para comprobar los resultados de la herramienta se realiza una demostración con el *software* de simulación *Design Builder*, Versión 3.0.0.104 para una edificación en la ciudad de Bogotá, permitiendo comparar y establecer diferencias desde el punto de vista de confort térmico. Se comparan, para las paredes de ese espacio de baja compartimentación las diferencias térmicas de los materiales: madera transformada, piedra y cobre. Ya que los impactos térmicos en el interior de un edificio deben contabilizarse cuantitativamente, se hace una división de zonas para poder determinar el confort por zonas y el comportamiento térmico de las superficies.

Ilustración 45 Imagen del modelo de comprobación



Elaboración propia

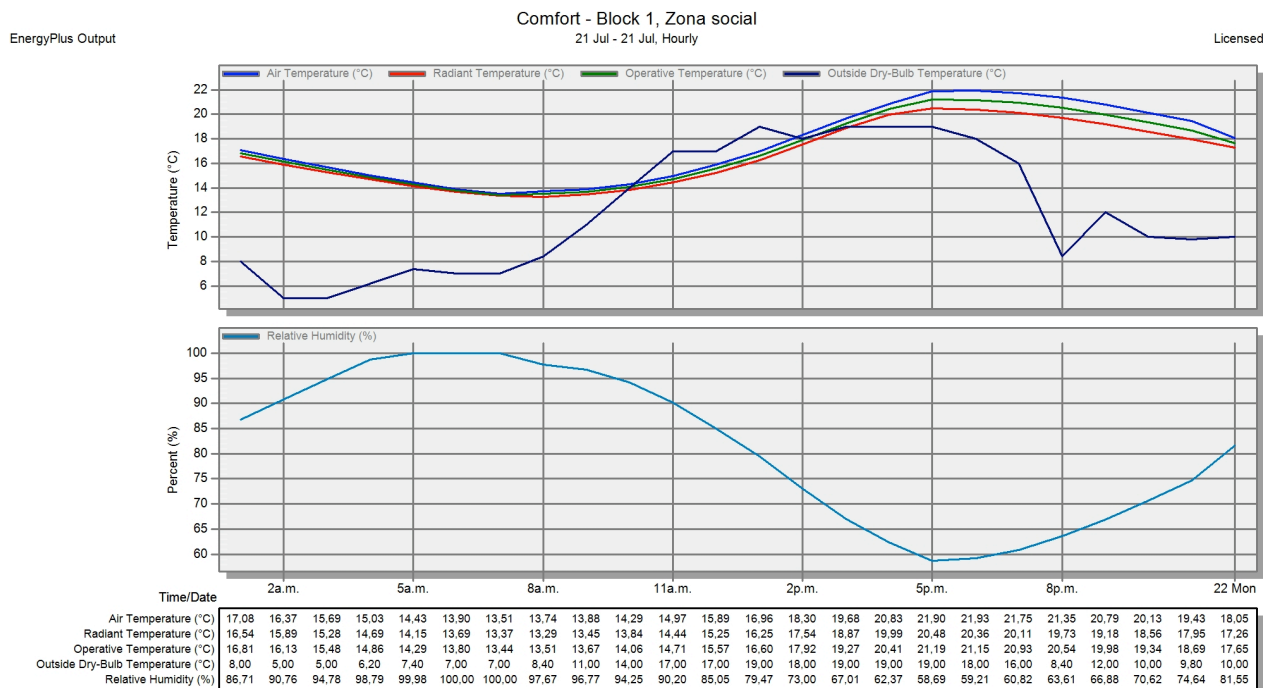
Ilustración 46 Imagen de las zonas de comprobación



Elaboración propia.

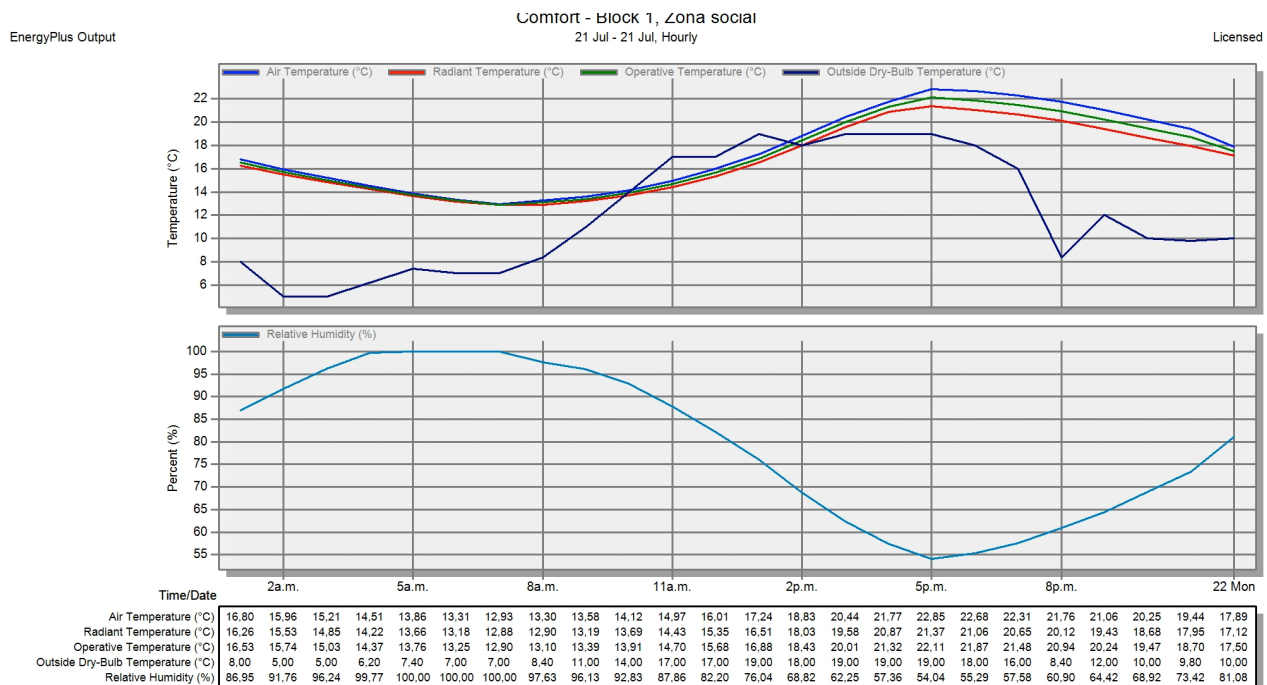


Ilustración 48 Imagen compr. confort zona social superficie revestimiento cobre



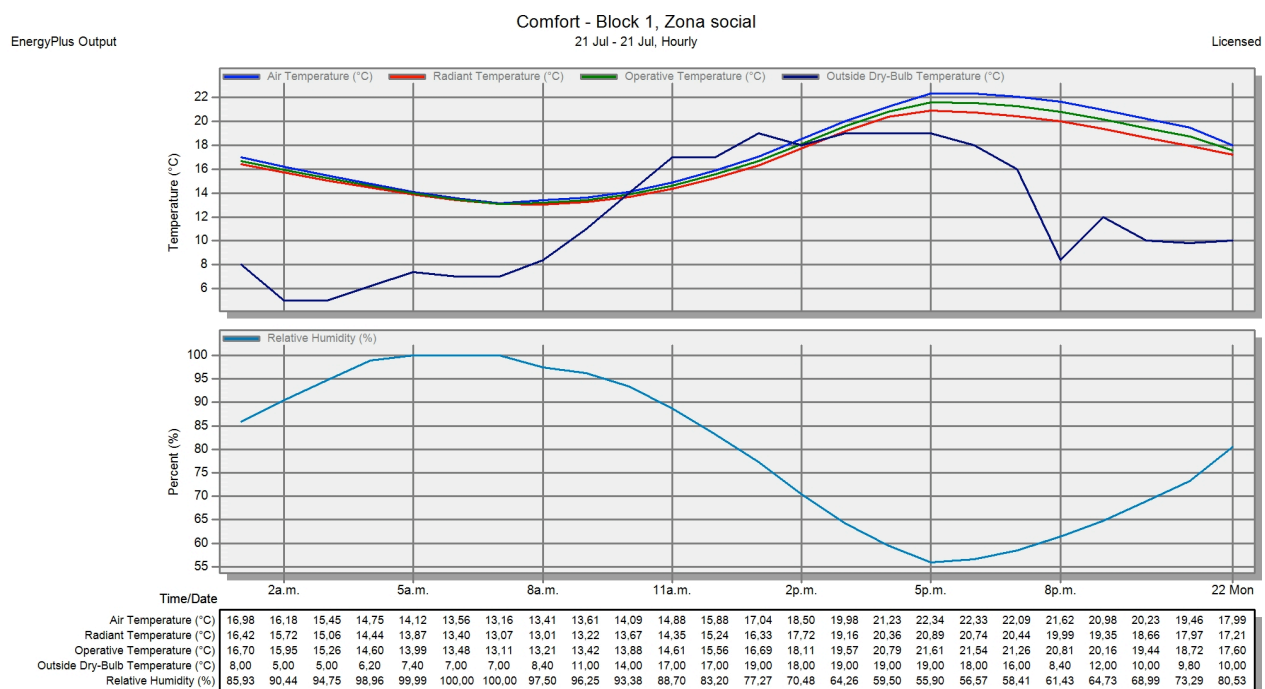
Elaboración propia

Ilustración 49 Imagen comprobación confort zona social superficie revest. madera



Elaboración propia

## Ilustración 50 Imagen comprobación confort zona social superficie revest. piedra



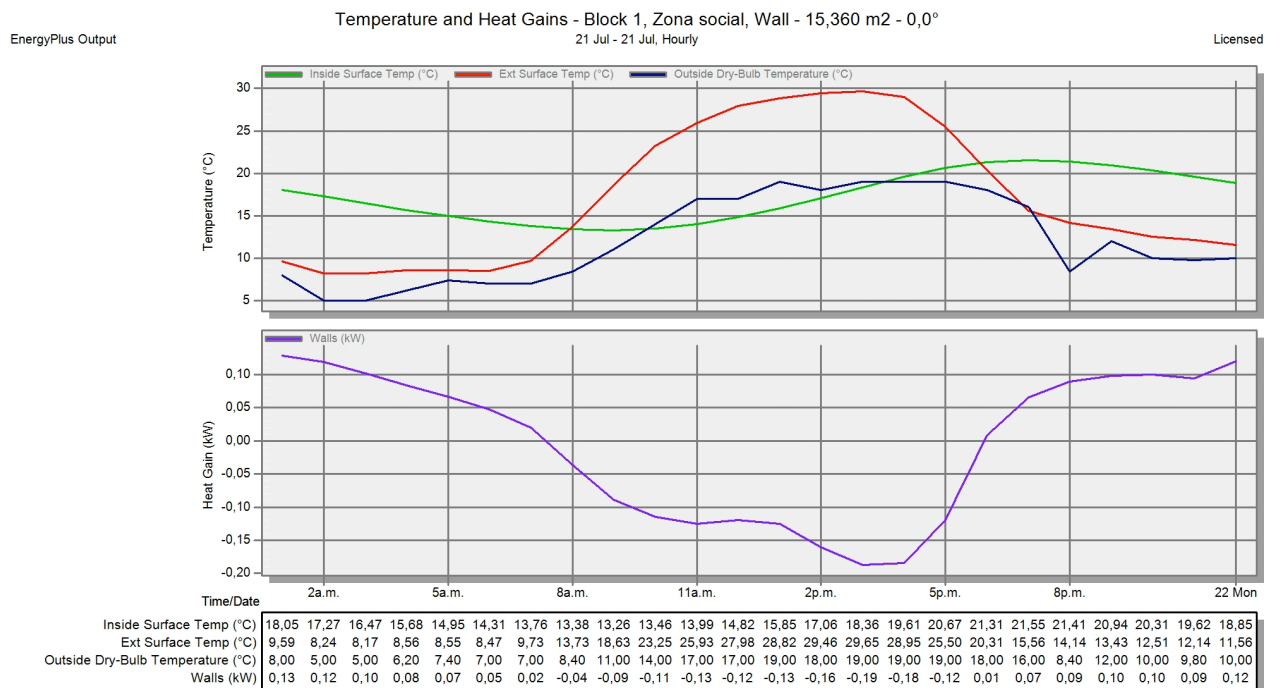
Elaboración propia

La diferencia de temperatura entre la madera y los otros dos materiales en la zona social de las paredes es aproximadamente de 1°C cuando se registran las temperaturas más altas.

Pero también se concluye que la madera es la que más estabilidad térmica ofrece y más inercia térmica reflejado en los datos por horas en la inercia térmica, ya que ofrece tres horas más de inercia térmica aproximadamente que los otros dos materiales.

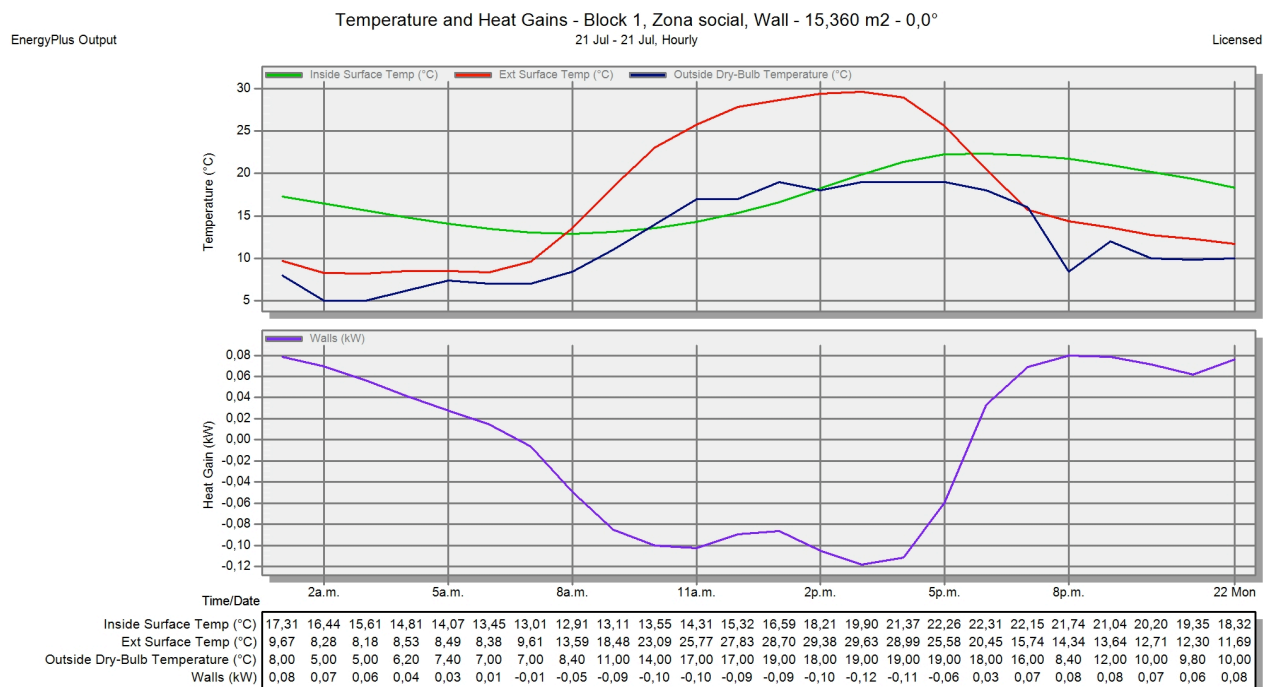
En la zona social se analizó también una de las superficies, que fue la de la fachada norte con los tres materiales para comparar el comportamiento térmico de la superficie específicamente.

Ilustración 51 Imagen comprobación revestimiento superficie revestimiento cobre



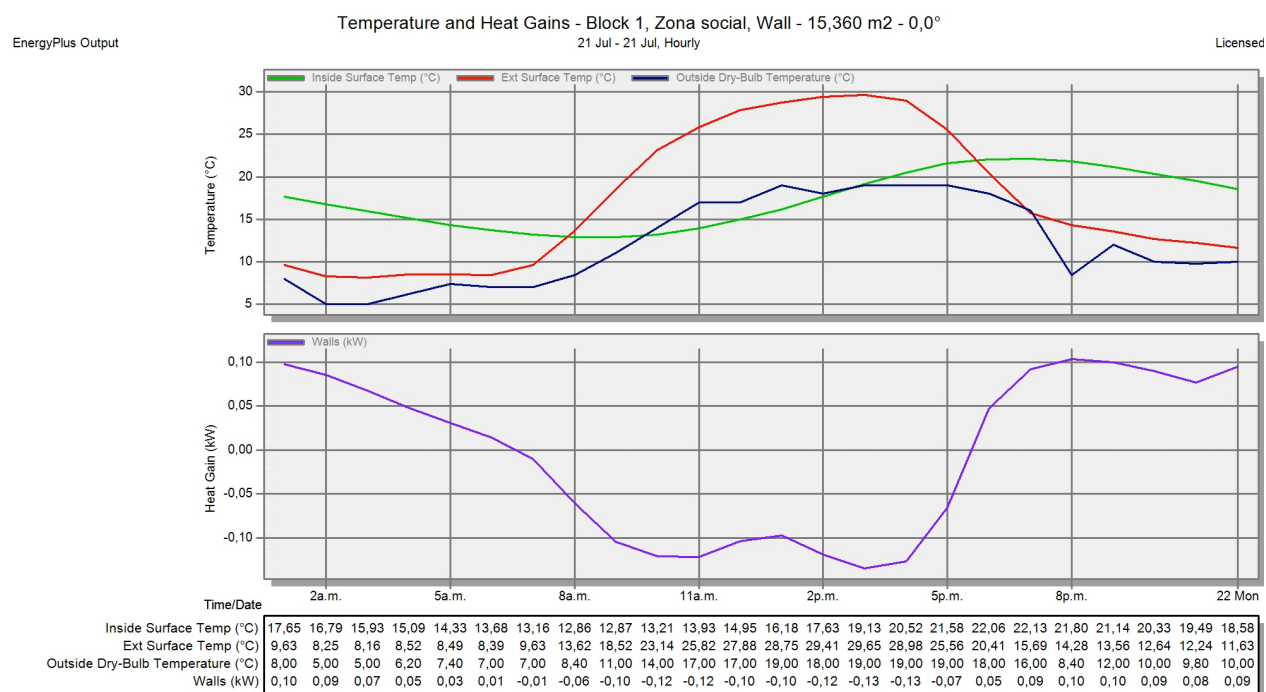
Elaboración propia.

Ilustración 52 Imagen comprobación revestimiento superficie revestimiento madera



Elaboración propia.

Ilustración 53 Imagen comprobación revestimiento superficie revestimiento piedra



Se encontró que la superficie de madera tiene 1°C más que el cobre a las 6 pm, y medio grado más que la piedra, y a las 7 am la madera tiene 13,01, el cobre 13,26 y la piedra 12,86. Eso quiere decir que la madera en este caso tiene mucha más estabilidad térmica.

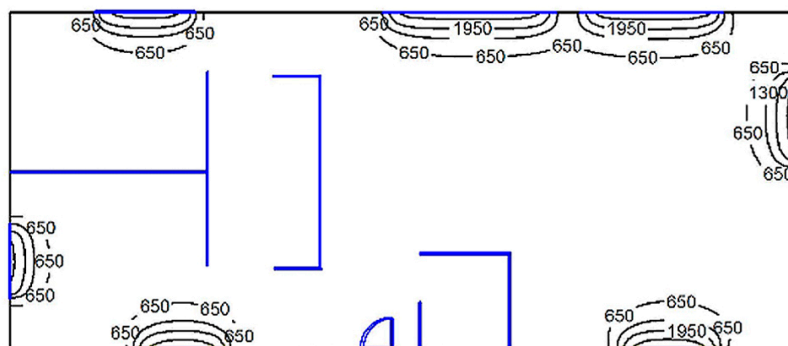
Cuando se comparan los resultados de la herramienta con la simulación, la conclusión es que aunque con esta simulación se ha comprobado la parte térmica, basados en criterios formales y rangos establecidos bajo los principios de estrategias bioclimáticas, esta herramienta es para seleccionar los materiales bajo principios generales sin valores exactos.

### Comprobación lumínica

Se realizaron simulaciones en el programa Dialux Versión 4.12, para encontrar las diferencias en porcentaje de las intensidades lumínicas sobre las superficies de las paredes de la zona social. Esta simulación se realizó para la fecha de 21 de Julio, con la misma orientación de la simulación térmica. Para el resultado luminotécnico se tomó la entrada de luz a las 3:00 pm.



Ilustración 54 Imagen simulación de iluminación



Altura del local: 2.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:180

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	343	11	3038	0.031
Suelo	20	344	16	1917	0.046
Techo	70	73	13	160	0.184
Paredes (4)	80	117	15	336	/

Ilustración 55 Imagen Resultados simulación de iluminación

### local cobre / Escena de luz 1 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 0 lm  
 Potencia total: 0.0 W  
 Factor mantenimiento: 0.80  
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	291	53	343	/	/
Suelo	279	65	344	20	22
Techo	0.00	73	73	70	16
Pared 1	42	66	107	80	27
Pared 2	78	89	167	80	42
Pared 3	31	79	110	80	28
Pared 4	33	75	108	80	28

### Local madera / Escena de luz 1 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 0 lm  
 Potencia total: 0.0 W  
 Factor mantenimiento: 0.80  
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	291	37	328	/	/
Suelo	279	42	322	20	20
Techo	0.00	57	57	70	13
Pared 1	42	48	90	50	14
Pared 2	78	69	147	50	23
Pared 3	31	61	91	50	15
Pared 4	33	47	81	50	13

### Local piedra / Escena de luz 1 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 0 lm  
 Potencia total: 0.0 W  
 Factor mantenimiento: 0.80  
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	291	41	332	/	/
Suelo	279	49	328	20	21
Techo	0.00	61	61	70	14
Pared 1	42	53	94	60	18
Pared 2	78	75	153	60	29
Pared 3	31	65	96	60	18
Pared 4	33	54	88	60	17

### Conclusiones de simulación Lumínica

Con esta simulación se concluye que el porcentaje de grado de reflexión de las paredes de la zona social en el caso del cobre es de un 80% que da el programa de simulación y coincide con el grado de reflexión que de la herramienta propuesta.

El factor de reflexión depende del coeficiente de reflexión que a su vez está condicionado por el color del material.

En segundo lugar se encuentra la piedra y por último la madera, en los porcentajes de reflexión de materiales de las paredes.

Estos resultados luminotécnicos están discriminados por cada una de las superficies de las paredes, e inclusive el techo y el suelo. Y comparándolos separadamente se encuentran resultados como que los valores totales de intensidades lumínicas en las superficies de paredes están en el cobre, luego en la piedra y por último en la madera.

## Comprobación Acústica

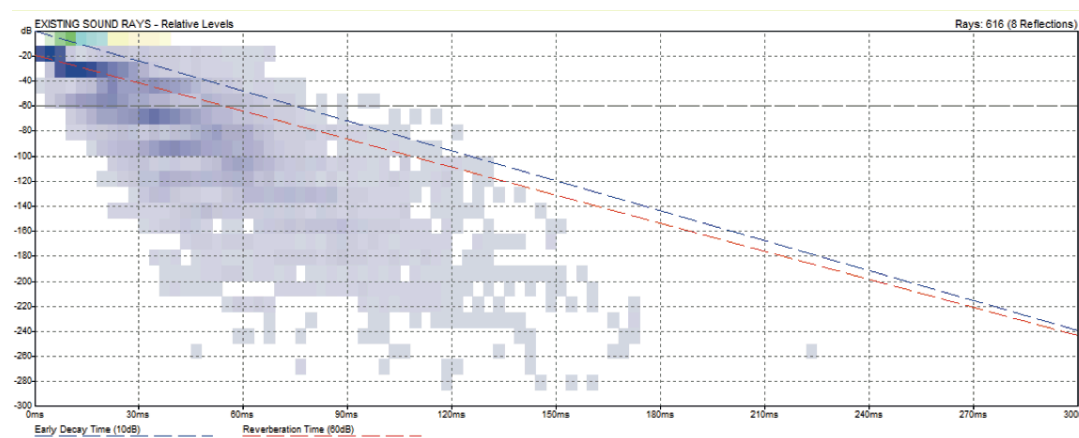
Se realizaron simulaciones en el programa Ecotect Versión 2011, para encontrar las diferencias en tiempos de reverberación y absorción sobre las superficies de las paredes de la zona social.

Esta simulación se realizó para la fecha de 21 de Julio, con la misma orientación de la simulación térmica y lumínica.

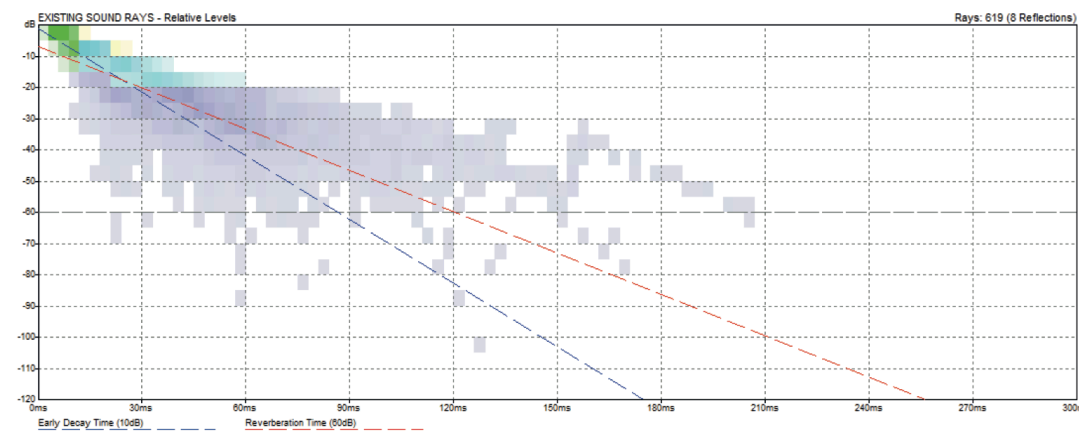
En la primera gráfica se analizan los rayos de sonido y cantidad de reflexiones en función del tiempo y se mide en dB por m/s, la segunda gráfica mide el tiempo (m/s) sobre H y khz. Y la tercera gráfica el desplazamiento de las partículas en el espacio.

Ilustración 56 Imagen simulación acústica. Reflexiones. dB por m/s

### Cobre



### Madera



### Piedra

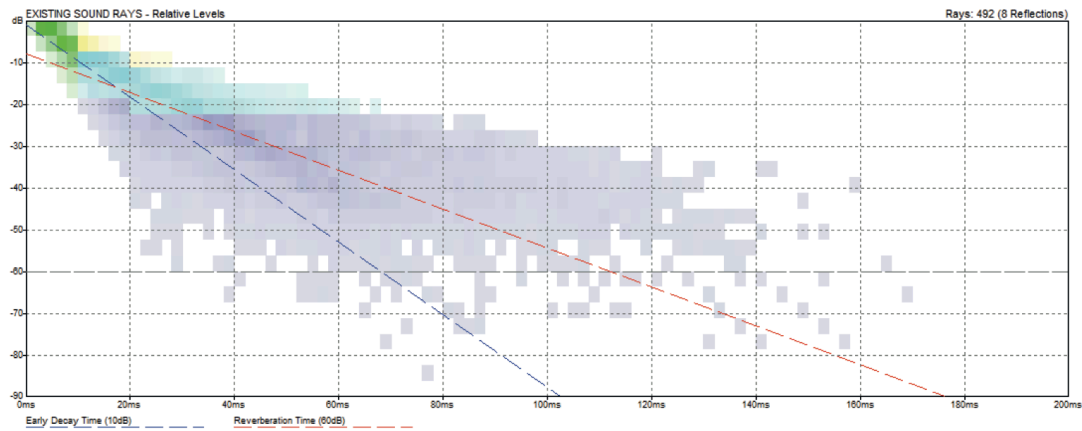
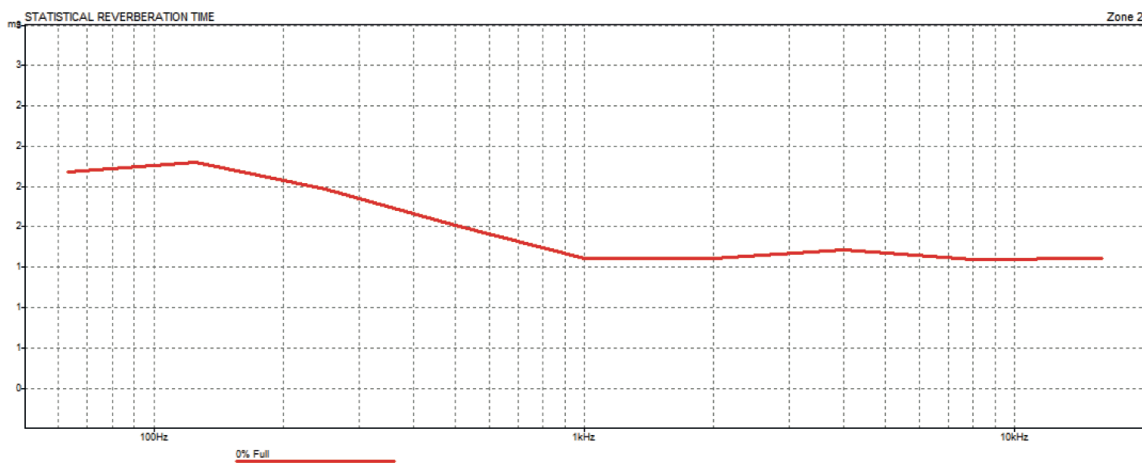
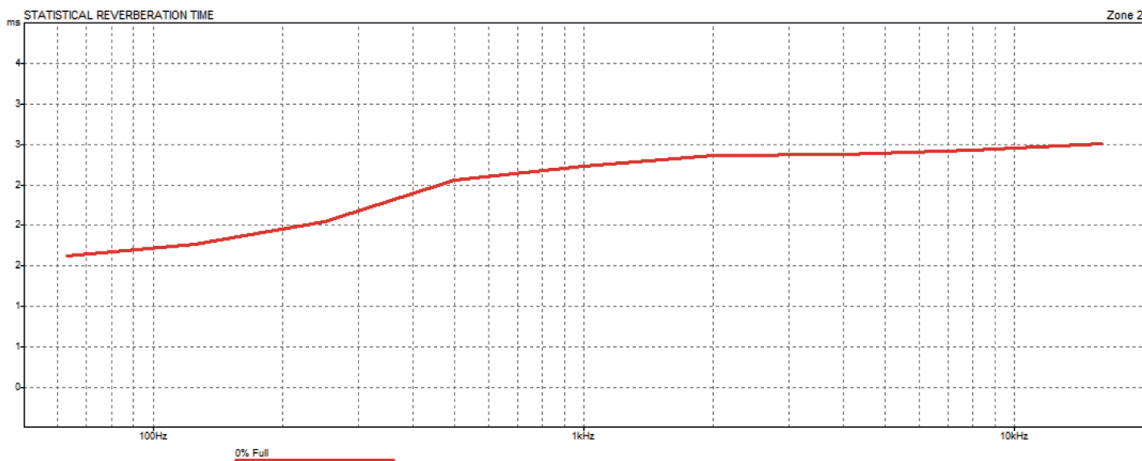


Ilustración 57 Imagen simulación acústica. Tiempo de reverberación. m/s por h y kh

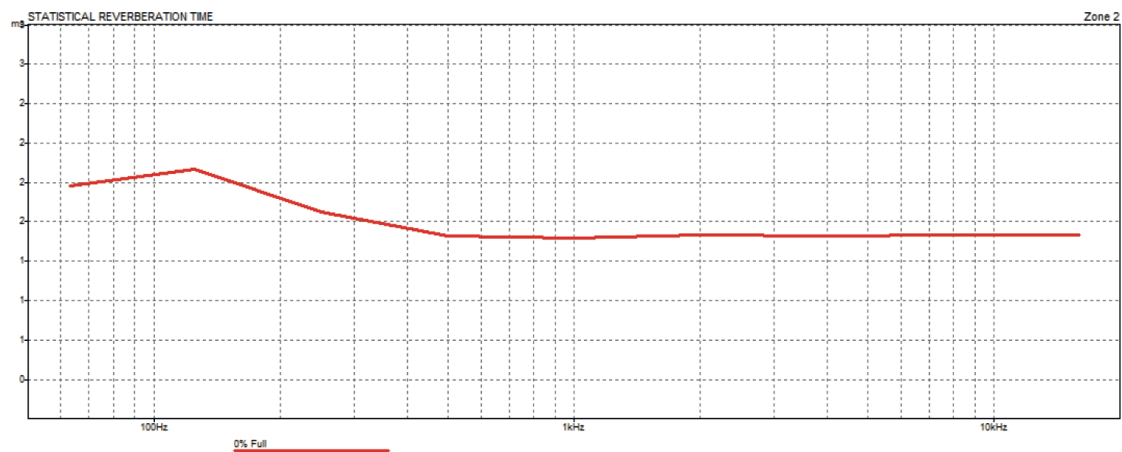
Cobre



Madera

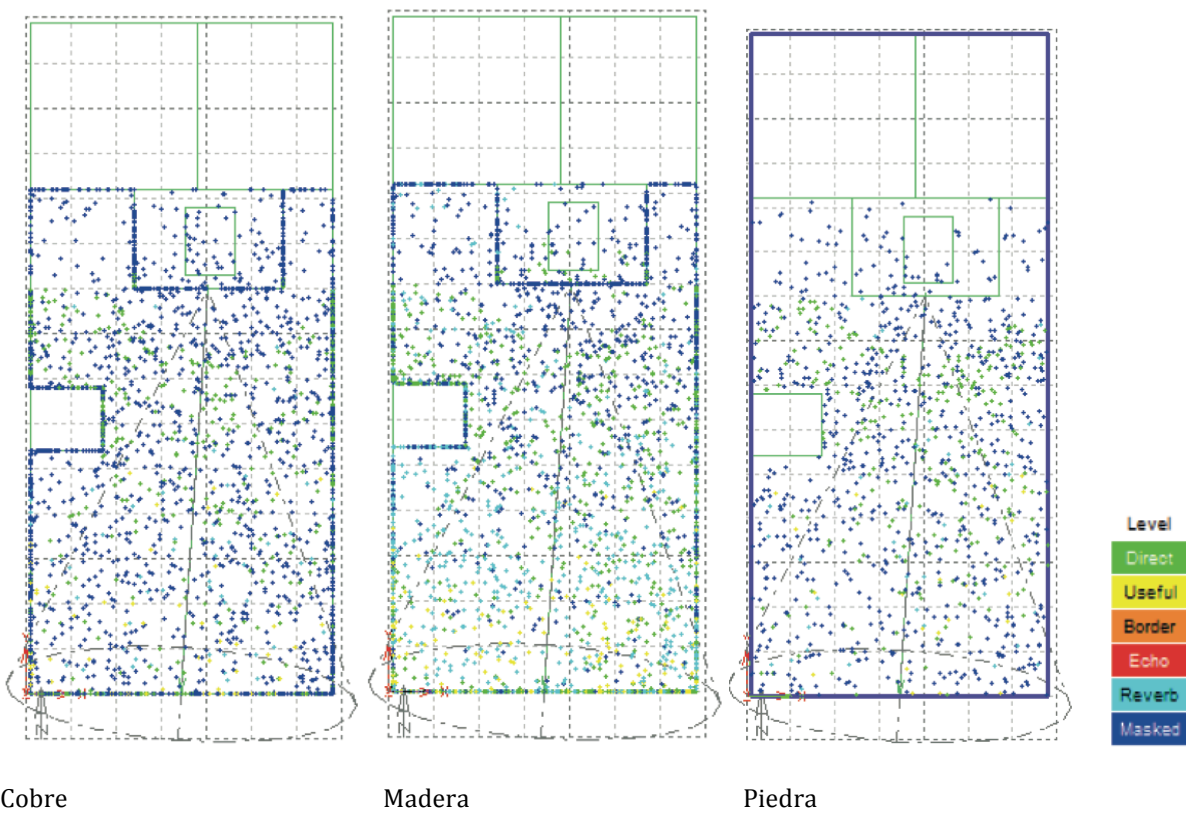


Piedra



Piedra

Ilustración 58 Imagen simulación acústica. Desplazamiento de partículas



Cobre

Madera

Piedra

**Conclusiones de Simulación Acústica:**

Con esta simulación acústica se concluye en cuanto al tiempo de caída del sonido relacionada directamente con el coeficiente de absorción, el tiempo en el cobre es mayor (de más de 300m/s), al igual que el tiempo de reverberación. Esto se debe a que es un material no poroso, presentó 616 rayos y 8 reflexiones. En la madera es de 180 m/s y el tiempo de reverberación de 250 m/s, presentó 619 rayos y 8 reflexiones. Mientras que la piedra 100m/s y el tiempo de reverberación de 180 m/s. (492 rayos y 8 reflexiones). Es decir que la piedra absorbe menos que la madera, y decae más rápido el sonido, y tiene más tiempo de reverberación.

Es decir que coincide con la herramienta propuesta que plantea que la madera es el material con más absorción, seguido por la piedra y el cobre.

Según la tercera gráfica, se puede determinar que hay más desplazamiento de partículas en el caso del cobre es decir más eco, y más enmascaramiento en el caso de la piedra.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La arquitectura vernácula, en muchas culturas, está basada en los principios de la bioclimática y condiciones de la naturaleza; así las diversas manifestaciones arquitectónicas como formas de vivienda y utilización de los materiales demuestran la habilidad que ha desarrollado el hombre para adaptar su vivienda a las dificultades específicas de su entorno particular. La prioridad para solucionar las situaciones climáticas siempre estuvo unida a la necesidad de generar confort y protección, trayendo como consecuencia expresiones arquitectónicas y constructivas con carácter regional, característico en las diferentes zonas.

La adaptación de la edificación al entorno siempre ha constituido un problema donde existen gran cantidad de determinantes para poder dar las soluciones apropiadas:

- La falta de análisis de las condiciones climáticas que tienen en cuenta elementos como la temperatura, humedad relativa, radiación solar y efectos del viento.

- La falta de coherencia de criterios formales bioclimáticos de espacios interiores, confrontada con la evaluación biológica, basada en sensaciones humanas y principios de confort ambiental.

- Las equivocadas soluciones tecnológicas en lo que tiene que ver con orientación, cálculos de sombras, formas de las viviendas y la selección de los materiales, para lograr a través de características como la inercia térmica y capacidad aislante, el equilibrio de la temperatura interior. Todo lo nombrado ha producido lo que constituye la principal problemática e hipótesis de esta investigación:

Las relaciones desarticuladas entre la arquitectura y el diseño interior desde la bioclimática, pueden traer consecuencias negativas en los edificios como falta de confort para los habitantes, edificios enfermos, derroche energético, y edificios con ciclos de vida muy cortos.

En los espacios habitables debe mantenerse una temperatura confortable, una calidad del aire, niveles de luz apropiados, un bajo nivel de ruido.

El diseño debe incorporar como objetivo esencial el aporte de las condiciones de bienestar, con el objeto de alcanzar el confort ambiental, para esto se debe valer de métodos y sistemas que ayuden a mejorar las condiciones ambientales, no sólo desde el punto de vista espacial o estético, sino también energético.

Como objetivo primordial alcanzado, esta investigación aporta la metodología para el desarrollo de un instrumento, que ayuda a tomar las correctas decisiones en la selección de materiales a

partir del análisis formal arquitectónico, para mejorar las condiciones de confort y habitabilidad de los espacios interiores. Y a través de unos objetivos específicos logrados analiza las características de los espacios según los criterios de análisis formal bioclimático en interiores, identifica las características de los materiales según criterios de comportamiento térmico, acústico y lumínico e identifica los criterios de sostenibilidad de los materiales.

La herramienta desarrollada permite orientar con criterios de sostenibilidad la toma de decisiones de selección de materiales, optimizando la coherencia bioclimática entre diseño interior y Arquitectura.

Aunque no determina valores exactos, funciona con rangos de recomendación para los diferentes climas, basado en los principios de confort para cada caso, permitiendo una visión general en tres aspectos de la selección de materiales. Tales como: principios formales del espacio interior, estrategias para la bioclimática, y principios de sostenibilidad de los materiales.

Esta herramienta debe utilizarse después de realizar un diagnóstico formal general de la edificación, donde se determine si se va a trabajar en función de mantener la coherencia con las condiciones generales del edificio, o si se va a hacer un mejoramiento de las condiciones climáticas y de sostenibilidad en el interior.

Por otro lado la herramienta tiene el objetivo de establecer comparativos entre materiales, para tomar las mejores decisiones en el interior de los espacios. Está claro que su aplicabilidad es para arquitectos y diseñadores dedicados a especificar y seleccionar acabados en espacios interiores, que a través de esta herramienta consideren otros criterios que complementen los estéticos o económicos, basándose en el clima, valores de confort, criterios formales y criterios sostenibles. Esta herramienta compara materiales para paredes, pisos o cielos rasos de manera independiente, con esta metodología se podría tener un alcance de diagnóstico en el comportamiento de las tres partes del espacio interior y sus posibles combinaciones, e inclusive plantear la selección de materiales para superficies y mobiliario.

Así mismo se puede concluir que podría llegar a tener también un alcance de aplicación en materiales generales de la edificación y de las envolventes.

En el caso de la implementación de la herramienta debe existir una variable de entrada del uso del espacio, donde se tendrían que desarrollar como variables las tablas de recomendación por uso del espacio, teniendo en cuenta como insumo de información las tablas del Anexo 1, de valores



de iluminancia para cada uso, tabla de niveles de dB recomendados para cada espacio, y la tabla de tiempos de reverberación por actividad para determinar los coeficientes de absorción de materiales recomendados.

Esta herramienta abre posibilidades para optimizar el confort y generar ahorro energético, ya que esta metodología es aplicable a todas las zonas climáticas, y muchos usos, por medio de la revaloración de los cambios de rangos recomendados.

El carácter innovador de la herramienta está en la representación gráfica ya que es un elemento que permite evaluar diferentes variables, y es un elemento que facilita la toma de decisiones de una manera ágil, sin mayores conocimientos técnicos, para arquitectos y diseñadores.

## REFERENCIAS

Armesto Aira, A. (1993). *El Aula Sincrónica. Un ensayo sobre el análisis en arquitectura*. Barcelona, España: Dpto Proyectos Arquitectonicos U. Politécnica de Catalunya.

Brown, R. (2012). *Materiales en Interiorismo*. Barcelona, España: Blume.

Commision, T. E., Architects Council of Europe, & Energy research Group. (1999). *Un Vitruvio ecológico Principios y práctica del proyecto Arquitectónico Sostenible*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Ching, F. D. (2002). *Arquitectura, forma, espacio y orden*. Gustavo Gili.

Deplazes, A. (2010). *Construir la Arquitectura: Del material en bruto al edificio. Un manual*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Francesconi, R., Rojas Quiñones, P., Quiroga Molano, E., Salinas, A. M., Correal Pachón, G. D., Eligio Triana, C., y otros. (2015). *Aprendizaje, Composición y Emplazamiento*. Bogotá, Colombia: U. Católica- U. Piloto.

Givoni, B. (1969). *Man, Climate and Architecture*. Londres, Inglaterra: Applied Science Publishers.

González Cruz, E. M. (2003). *Selección de materiales en la concepción arquitectónica bioclimática*. Instituto de investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Zulia. Venezuela. PMid, 12970009.

Hegger, M., Drexler, H., & Zeumer, M. (2010). *Materiales*. Barcelona, España: Gustavo Gili.  
Paredes, C. (2013). *La Biblia de los materiales para el diseño y la construcción*. Barcelona, España: Lexus editores.

Isbert, A. C. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona, España: U. Politècnica de Catalunya.

Kuttruff, H. (2004). *Acoustics an introduction*. Taylor & Francis.

Marín, J. A. (2012). *Diseño Bioclimático de Envolventes arquitectónicas, elementos para el diseño térmico*.

Neila, J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Barcelona, España: Munilla Lería.

Nicol, J. F. (2000). *Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings*. (O. B. School of architecture, Ed.) Inglaterra: Oxford Centre for Sustainable Development.

Olgay, V. (1968). *Clima y Arquitectura en Colombia*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima*. (J. Frontado, & L. Clavet, Trads.) Barcelona, España: Gustavo Gili.

Rocha, E. (2012). *Materiales sostenibles: Principios y guía Práctica*. Bogotá, Colombia: Universidad Piloto.

Serra, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Serra, R., & Coch, H. (1991). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona, España: U. Politècnica de Catalunya.

Simancas, Y. (2003). Tesis Doctoral, Reacondicionamiento Bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo. Barcelona, España: U. Politècnica de Catalunya.

Szokolay, S. (2004). *Introduction to Architectural Science The basis of sustainable design*. Oxford, England: Elsevier Science.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. (Julio de 2012). *Cartilla de Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana*. (M. d. Sostenible, Ed.) 199.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio, IFC, Camacol. (2015). *Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Vivienda.

IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Medio ambiente y Desarrollo sostenible. (2014). *Climatológico de Colombia, Atlas IDEAM*. Obtenido de [www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/atlas](http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/atlas).

**ANEXO 1 TABLAS DE VALORES (Lumínicos, térmicos, acústicos)**

### Tabla valores de iluminancia

ESPACIO	MÍNIMA (lux)	RECOMENDABLE (lux)	ÓPTIMA (lux)
HABITACIÓN	150	200	600
COCINA	200	300	1000
COMEDOR	100	200	400
ESTAR	150	400	600
BAÑO	150	200	400
LAVADERO	150	300	600
PASILLOS	100	150	200

Elaboración propia. Fuente: Simancas Pág. 19, citado de Steegmann, 1986, p.6

### Tabla Frecuencias /Hertz

infrasonidos	Frecuencias audibles			Ultrasonidos
	graves	medios	agudos	
0	20 hz	400	1600	20000 hz

Elaboración propia. Fuente: Simancas Pág 24

### Tabla nivel de dB

FUENTES SONORAS	DISTANCIA	NIVEL
Máquina de coser		93-100 dB
Taladros, herramientas		90-110 dB
Tráfico intenso		88 dB
Agentes atmosféricos		80 dB
Gritos	5	70-80 dB
Pasos Ruidos de impacto		55 dB
Conversación medio	5	60-70 dB
Conversación nivel alto	5	100 dB
Equipo de sonido		90-100 dB
Lavadores, lavaplatos		70-90 dB

Elaboración Propia. Fuente: Simancas Pág 25

### Tabla de tiempos de reverberación por actividad

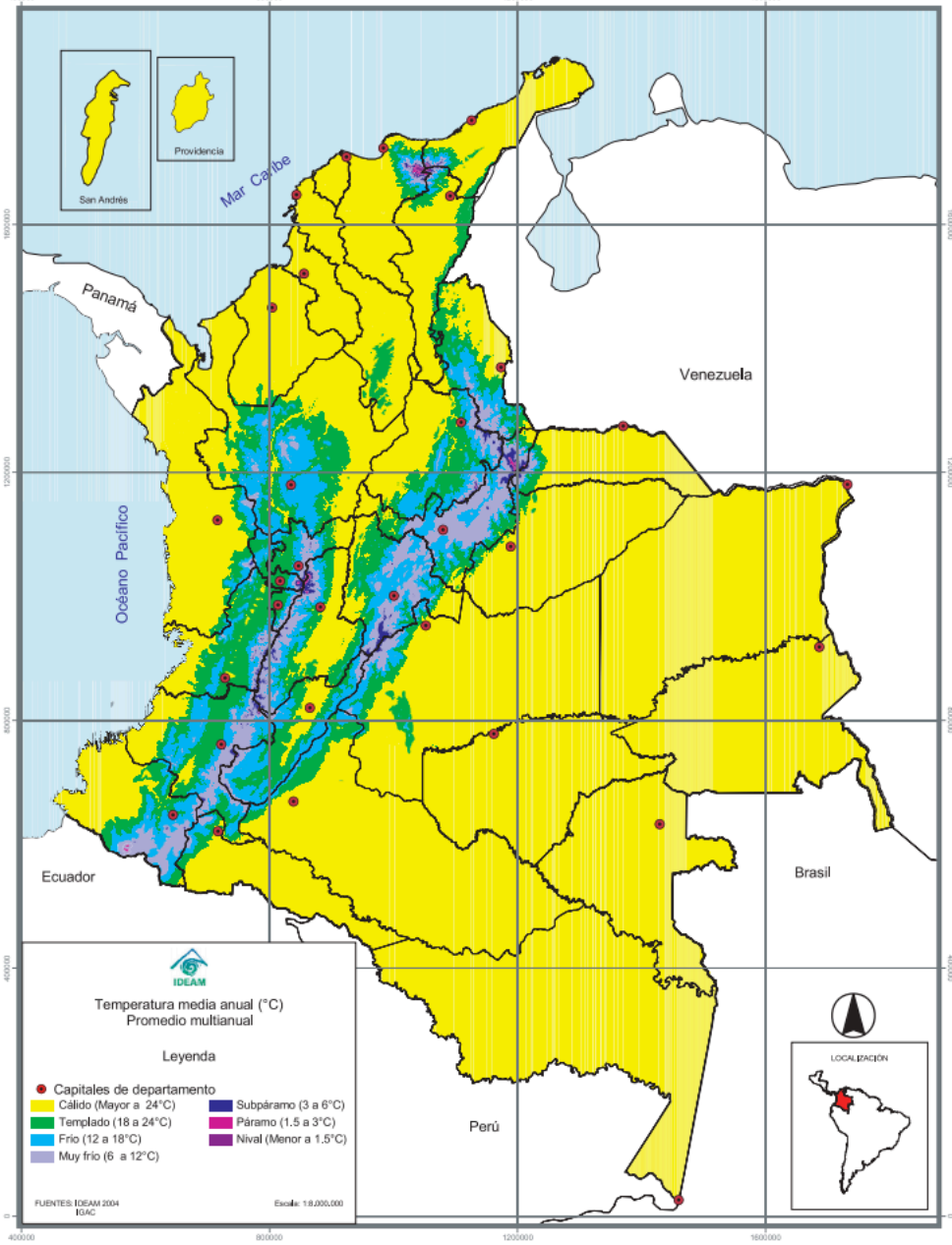
TIPO DE SALA	TR SALA OCUPADA
SALA DE CONFERENCIAS	0,7-1,0 segundos
CINE	1,0-1,2
SALA POLIVALENTE	1,2-1,5
TEATRO DE ÓPERA	1,2-1,5
SALA DE CONCIERTOS MÚSICA DE CAMARA	1,3-1,7
SALA DE CONCIERTOS MÚSICA SINFÓNICA	1,8-2,0
IGLESIA /CATEDRAL	2,0-3,0
LOCUTORIO DE RADIO	0,2-0,4

Elaboración propia. Fuente: (Isbert, 1998, p. 64)

## **ANEXO 2 MAPAS DEL CLIMA EN COLOMBIA**

# Mapas del clima en Colombia

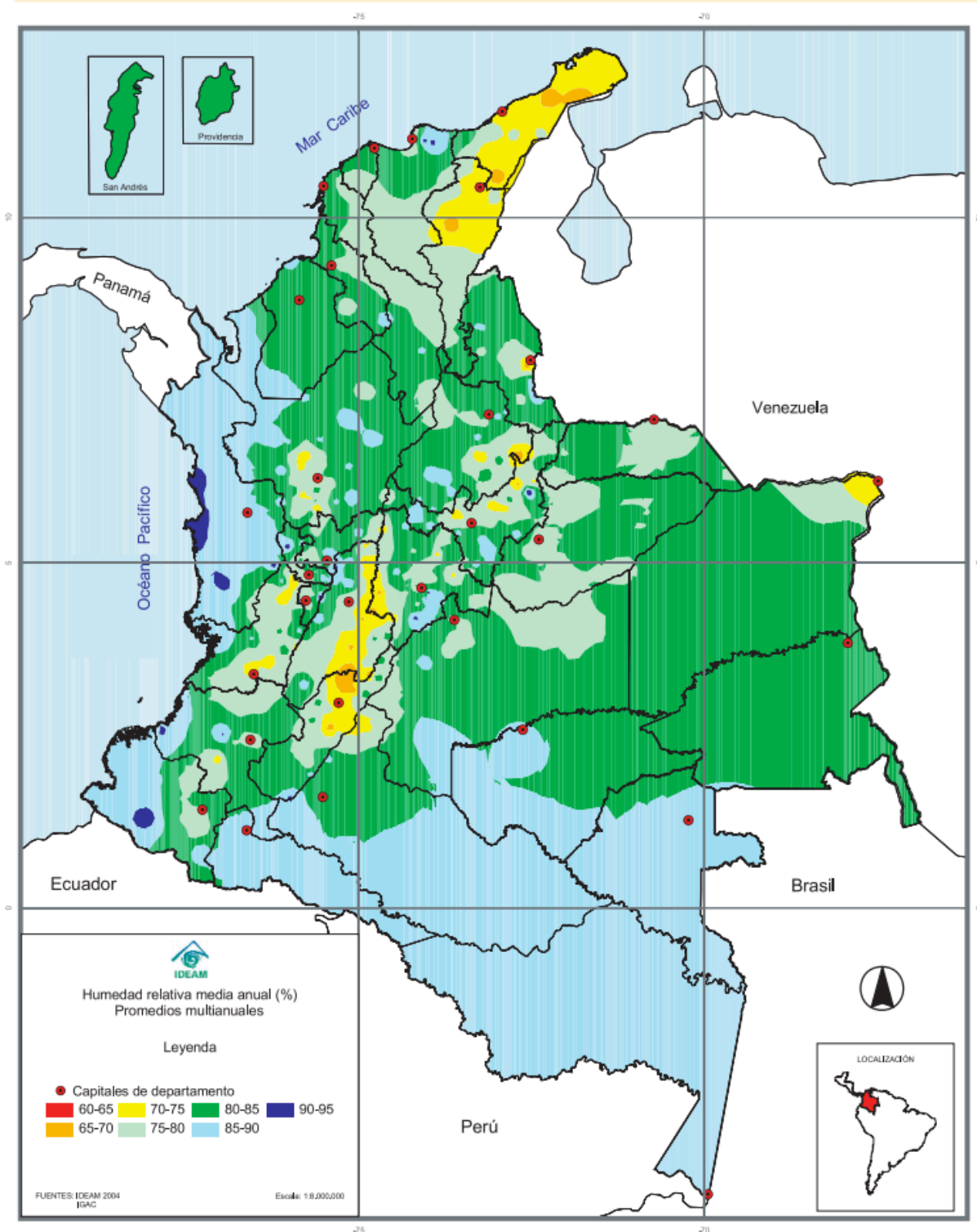
## Mapa de temperatura de Colombia



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)

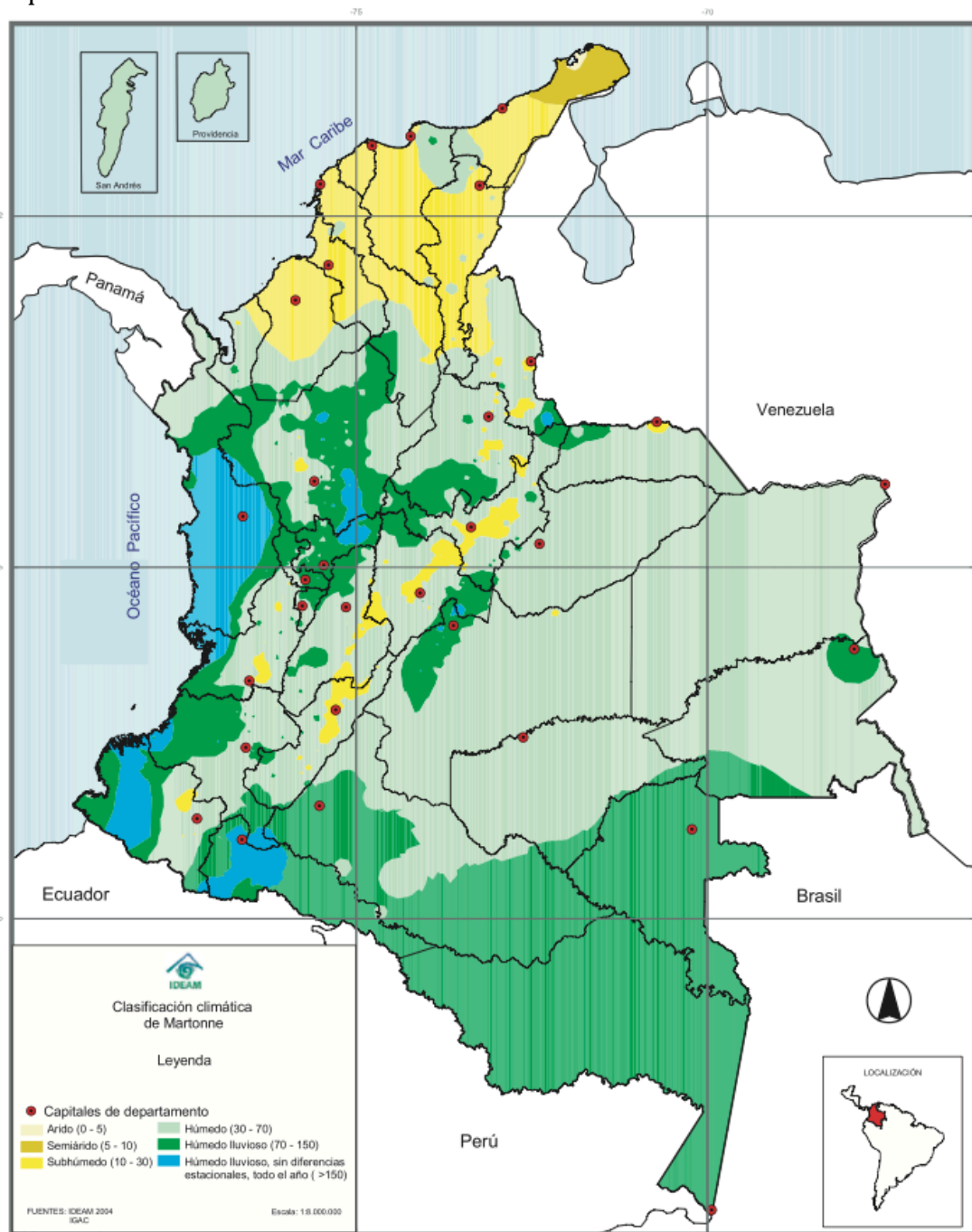


## Mapa de humedad relativa anual de Colombia



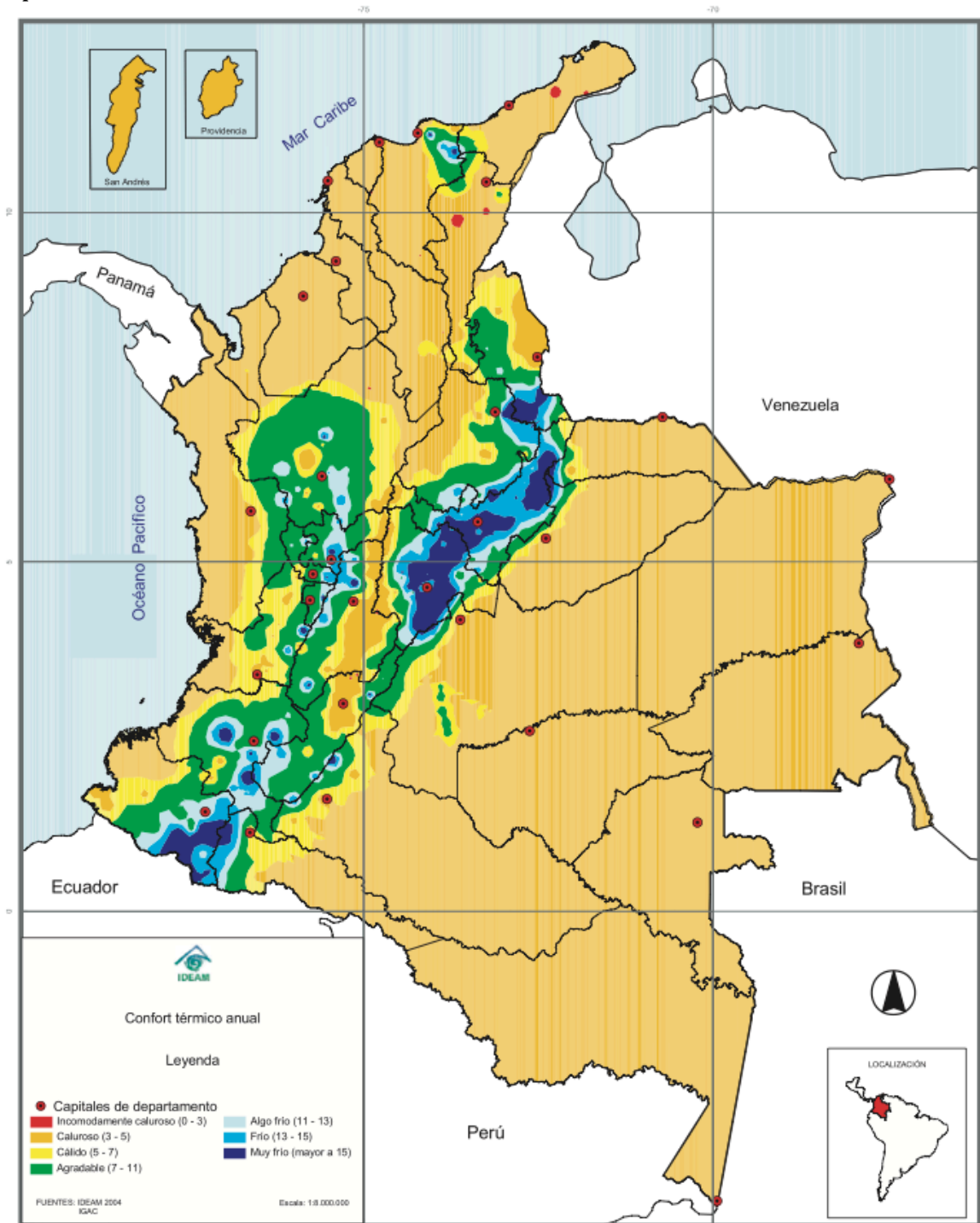
Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)

## Mapa de clasificación climática de Colombia



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)

## Mapa de Confort térmico anual Colombia



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2012)

## **ANEXO 3 TABLAS CRITERIOS FORMALES**

# 1. CRITERIOS FORMALES DE COMPARTIMENTACIÓN, CONEXIÓN, COLOR Y TEXTURA

## CRITERIO FORMAL DE COMPARTIMENTACIÓN

Ilustración 1 Tabla de ponderación de valores de compartimentación

GRAFICA DE PONDERACIÓN DE VALORES máximos y mínimos SEGÚN EL CRITERIO DE COMPARTIMENTACIÓN

COMPARTIMENTACIÓN	LUMÍNICO	factor reflexión	TERMICO	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	ACÚSTICO	coef. Absorción
Baja compartimentación	Más fácil de iluminar el interior con luz natural		Menos compartimentada menos variedad climática						Baja compartimentación mas reverberación	
		0% 10%								
		10% 20%								
		20% 30%								
		30% 40%								
		40% 50%								
		50% 60%								
		60% 70%								
		70% 80%								
		80% 90%								
		100%								
Alta compartimentación	Más difícil de iluminar. Mas zonas centrales sin posibilidades de iluminación		Más compartida mas variedad climática, estartificación de aire. Permite la adecuación del ambiente para cada						Alta compartimentación menos reverberación	
		0% 10%								
		10% 20%								
		20% 30%								
		30% 40%								
		40% 50%								
		50% 60%								
		60% 70%								
		70% 80%								
		80% 90%								
		100%								

Elaboración propia.

Variación de los rangos de valores según la clasificación climática de Colombia.

Para incluir la variable del clima, se toma como condición inicial y se le dan unos rangos de valores que se han analizado para cada caso de la clasificación del clima según las recomendaciones de bioclimática que dan autores como Olgyay y Serra.

Así, en el caso del primer criterio formal, que se ha analizado como de la alta o baja compartimentación para identificar las características de bioclimática, tienen unas pequeñas variaciones en los rangos de valores que se han analizado según los climas.

### Tabla de criterios de compartimentación según los cuatro climas

Ilustración 2 Tabla de ponderación de valores de compartimentación cuatro climas

Zona cálida-húmeda								Zona cálida-seca							
Altitud entre los 0 y 800 msnm								Altitud entre los 0 y 800 msnm							
, con temperaturas superiores a los 24°C								, con temperaturas superiores a los 24°C							
humedad relativa superior al 75%								humedad relativa inferior al 75%							
	factor reflexión	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	coef. Absorción		factor reflexión	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	coef. Absorción
0% 10%	1	1	1	1	1	1	1	0% 10%	1	1	1	1	1	1	1
10% 20%	1	1	1	1	1	1	1	10% 20%	1	1	1	1	1	1	1
20% 30%	1	1	1	1	1	1	1	20% 30%	1	1	1	1	1	1	1
30% 40%	1	1	1	1	1	1	1	30% 40%	1	1	1	1	1	1	1
40% 50%	1	1	1	1	1	1	1	40% 50%	1	1	1	1	1	1	1
50% 60%	1	1	1	1	1	1	1	50% 60%	1	1	1	1	1	1	1
60% 70%	1	1	1	1	1	1	1	60% 70%	1	1	1	1	1	1	1
70% 80%	1	1	1	1	1	1	1	70% 80%	1	1	1	1	1	1	1
80% 90%	1	1	1	1	1	1	1	80% 90%	1	1	1	1	1	1	1
100%	1	1	1	1	1	1	1	100%	1	1	1	1	1	1	1
0% 10%	2	2	2	2	2	2	2	0% 10%	2	2	2	2	2	2	2
10% 20%	2	2	2	2	2	2	2	10% 20%	2	2	2	2	2	2	2
20% 30%	2	2	2	2	2	2	2	20% 30%	2	2	2	2	2	2	2
30% 40%	2	2	2	2	2	2	2	30% 40%	2	2	2	2	2	2	2
40% 50%	2	2	2	2	2	2	2	40% 50%	2	2	2	2	2	2	2
50% 60%	2	2	2	2	2	2	2	50% 60%	2	2	2	2	2	2	2
60% 70%	2	2	2	2	2	2	2	60% 70%	2	2	2	2	2	2	2
70% 80%	2	2	2	2	2	2	2	70% 80%	2	2	2	2	2	2	2
80% 90%	2	2	2	2	2	2	2	80% 90%	2	2	2	2	2	2	2
100%	2	2	2	2	2	2	2	100%	2	2	2	2	2	2	2

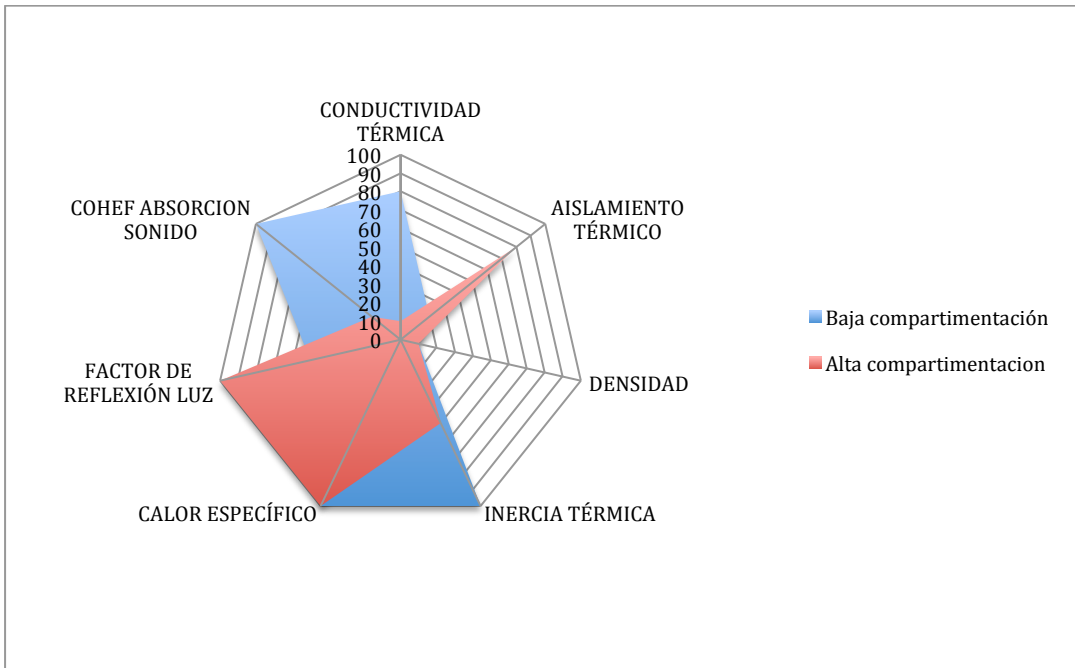
Elaboración propia.

Zona templada								Zona fría											
Altitud en el rango de los 800 a los 1.800 msnm								Altitud superior a los 1.800 msnm											
temperatura media anual entre 18o y 24oC								temperatura entre 12 y 17°C											
humedad relativa entre 70 y 85%								humedad relativa entre 60 y 80%.											
	factor reflexión	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	coef. Absorción		LUMÍNICO	factor reflexión	TERMICO	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	ACÚSTICO	coef. Absorción	
								Baja compartimentación	Más fácil de iluminar el interior con luz natural		Menos compartimentada menos variedad climática						Baja compartimentación mas reverberación		
0% 10%								0% 10%											
10% 20%								10% 20%											
20% 30%								20% 30%											
30% 40%								30% 40%											
40% 50%								40% 50%											
50% 60%								50% 60%											
60% 70%								60% 70%											
70% 80%								70% 80%											
80% 90%								80% 90%											
100%								100%											
								Alta compartimentación	Más difícil de iluminar.Mas zonas centrales sin posibilidades de iluminación natural		Mas compartida mas variedad climática, estartificación de aire.						Alta compartimentación menos reverberación		
0% 10%								0% 10%											
10% 20%								10% 20%											
20% 30%								20% 30%											
30% 40%								30% 40%											
40% 50%								40% 50%											
50% 60%								50% 60%											
60% 70%								60% 70%											
70% 80%								70% 80%											
80% 90%								80% 90%											
100%								100%											

Elaboración propia.

Propuesta de graficación de recomendaciones de los coeficientes de las propiedades según la alta y baja compartimentación.

Gráfica de representación de valores de alta y baja compartimentación





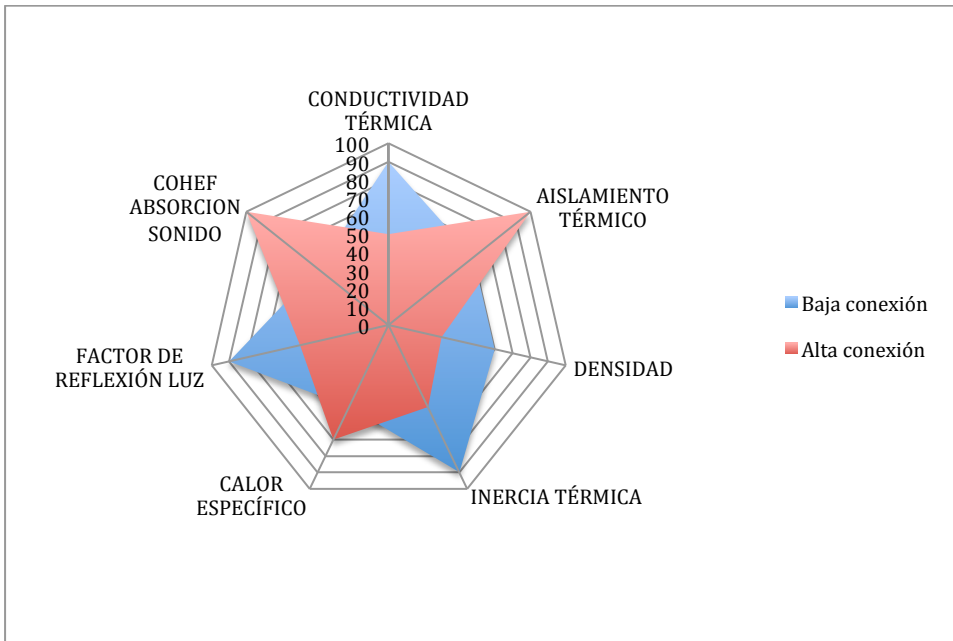
# CRITERIO FORMAL DE CONEXIÓN

Ilustración 4 Tabla de ponderación de valores de conexión

GRAFICA DE PONDERACIÓN DE VALORES máximos y mínimos SEGÚN EL CRITERIO DE CONEXIÓN											
CONEXIÓN	LUMÍNICO		factor reflexión	TERMICO	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	ACÚSTICO	coef. Absorción
BAJA	Menos paso de luz y mas oscuridad en los espacios.			Si la conexión es vertical se realiza transferencia térmica en sentido ascendente. Horizontalmente por transmisión y por convección. .						Permite menos paso del sonido	
		0% 10%									
		10% 20%									
		20% 30%									
		30% 40%									
		40% 50%									
		50% 60%									
		60% 70%									
		70% 80%									
		80% 90%									
		100%									
ALTA	Materiales traslúcidos permiten el paso de luz entre espacios			Se pueden producir fenómenos de estratificación térmica						Permite mas paso del sonido	
		0% 10%									
		10% 20%									
		20% 30%									
		30% 40%									
		40% 50%									
		50% 60%									
		60% 70%									
		70% 80%									
		80% 90%									
		100%									

Elaboración propia.

Ilustración 5 Tabla de representación de valores para la alta y baja conexión



Elaboración propia.

## CRITERIO COLOR

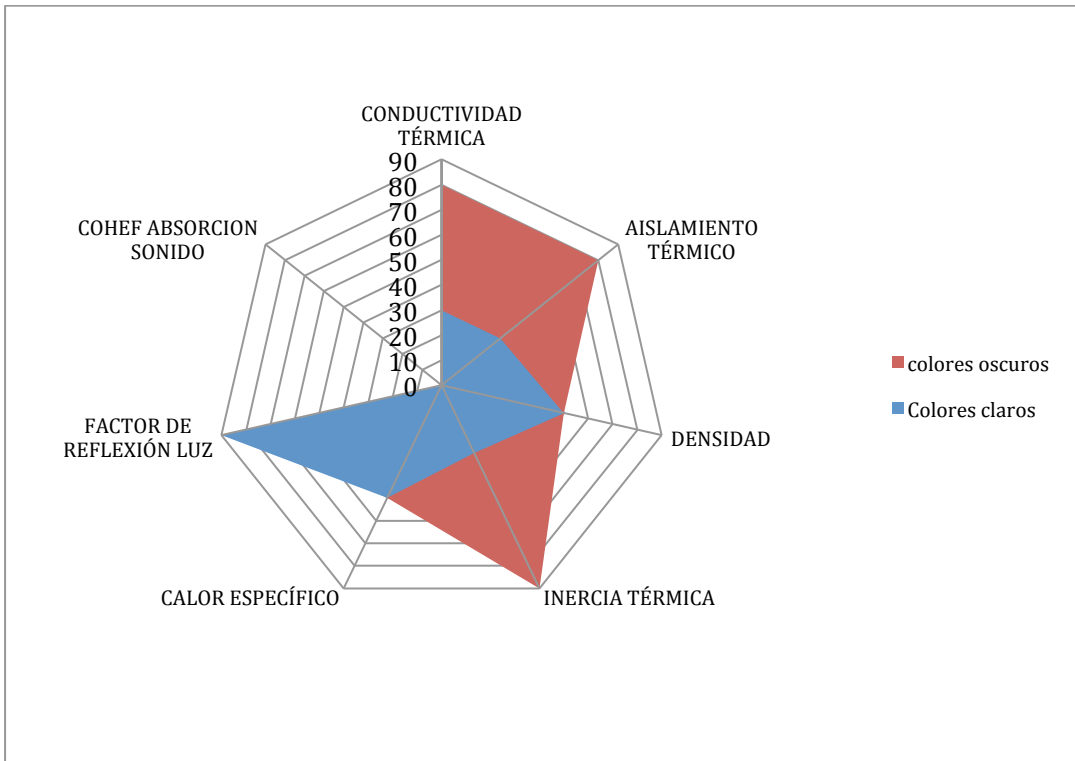
Ilustración 8 Tabla de ponderación de valores de color

GRAFICA DE PONDERACIÓN DE VALORES máximos y mínimos SEGÚN EL COLOR EN EL INTERIOR

GRAFICA DE PONDERACIÓN DE VALORES máximos y mínimos SEGÚN EL COLOR EN EL INTERIOR											
COLOR	LUMÍNICO		factor reflexión	TERMICO	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	ACÚSTICO	coef. Absorción
Absorber o reflejar											
<b>CLAROS BAJA INERCIA</b>	Colores claros reflexión mejor de la luz natural			Menos inercia térmica						No tiene incidencia	
		0% 10%									
		10% 20%									
		20% 30%									
		30% 40%									
		40% 50%									
		50% 60%									
		60% 70%									
		70% 80%									
		80% 90%									
		100%									
<b>OSCUROS ALTA INERCIA</b>				Favorecen la inercia térmica							
		0% 10%									
		10% 20%									
		20% 30%									
		30% 40%									
		40% 50%									
		50% 60%									
		60% 70%									
		70% 80%									
		80% 90%									
		100%									

Elaboración propia.

Ilustración 9 Tabla de representación de valores para colores oscuros y claros

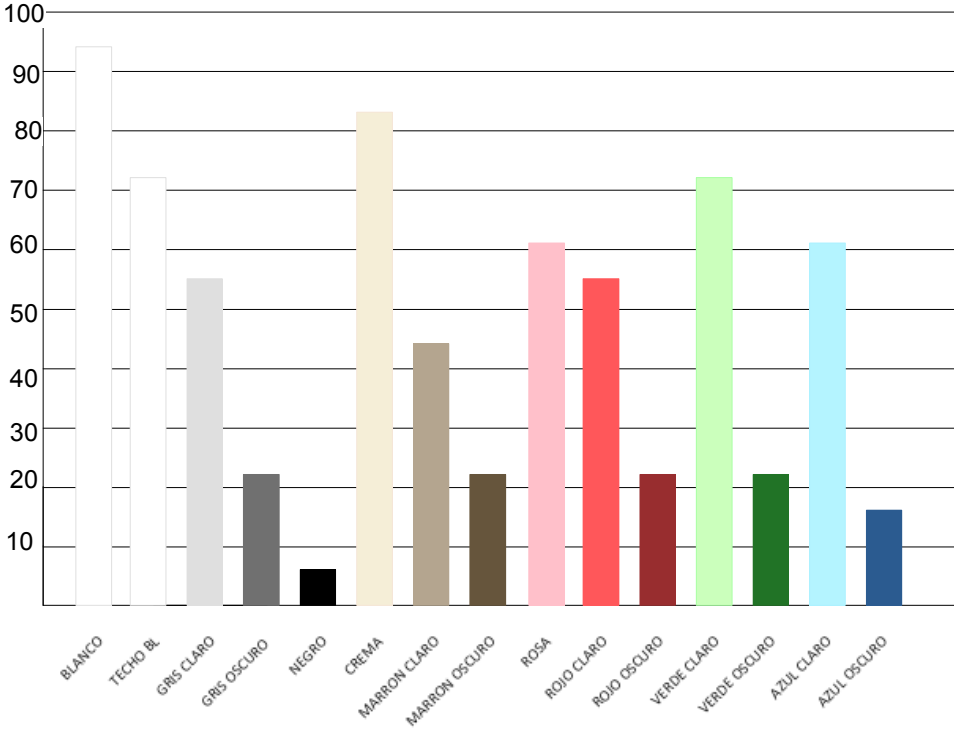


Elaboración propia.

En el caso del color, el material debe ser analizado también según la gráfica factor de reflexión de luz, ya que un material puede presentarse en diferentes colores, para este caso el factor de reflexión de luz cambiaría, así sea el mismo material.

Ilustración 10 Tabla de representación de valores de reflexión de los colores

% Reflexión de luz



Color

Elaboración propia.

## CRITERIO TEXTURA

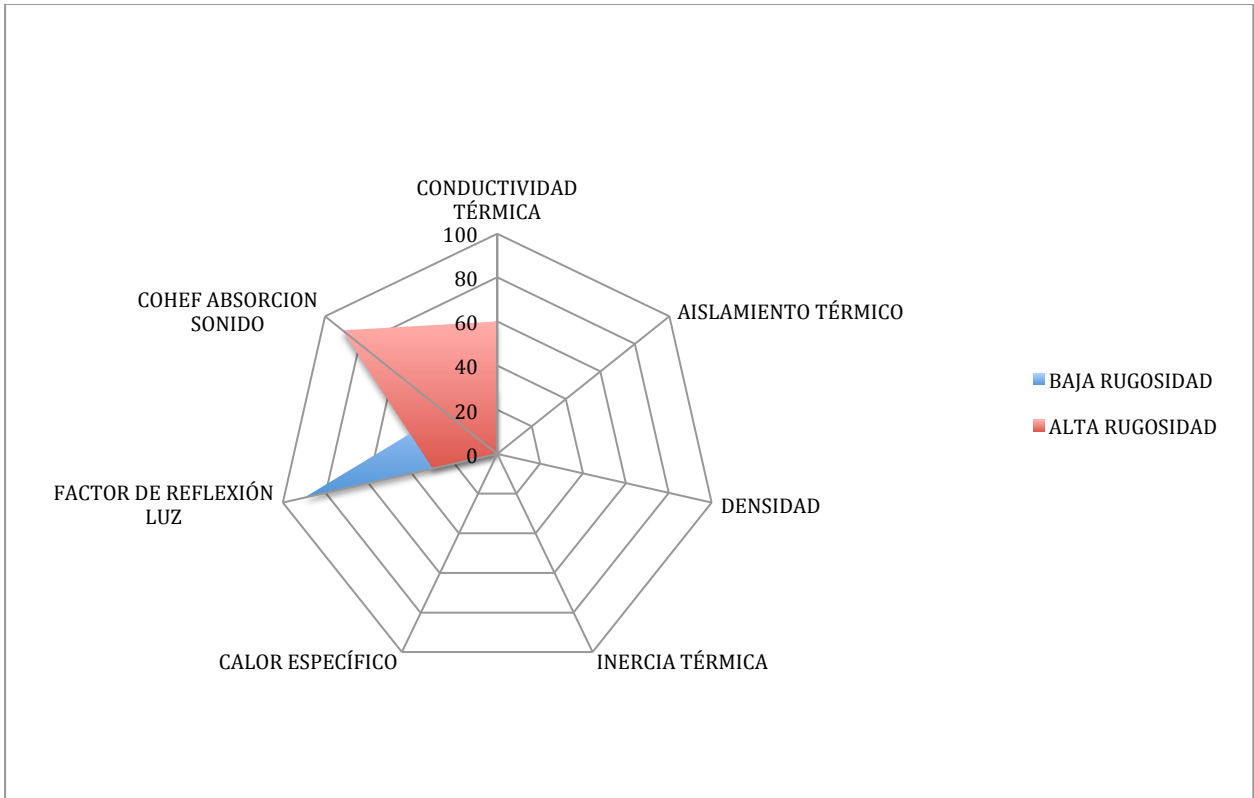
Ilustración 11 Tabla de ponderacion de valores de textura

GRAFICA DE PONDERACIÓN DE VALORES máximos y mínimos SEGÚN LA TEXTURA

TEXTURA	LUMÍNICO		factor reflexión	TERMICO	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	ACÚSTICO	coef. Absorción
Rugosidad interior											
BAJA menos rugosa 0,001m	Reflexión muy espectacular			Baja rugosidad menos intercambio de calor						Baja rugosidad aumenta el tiempo de reverberación	
		0% 10%									
		10% 20%									
		20% 30%									
		30% 40%									
		40% 50%									
		50% 60%									
		60% 70%									
		70% 80%									
		80% 90%									
		100%									
ALTA muy rugosa 0,003m	Reflexión difusa			Alta rugosidad favorece el intercambio de calor por convección, aumenta el rozamiento.						Alta rugosidad disminuye el tiempo de reverberación	
		0% 10%									
		10% 20%									
		20% 30%									
		30% 40%									
		40% 50%									
		50% 60%									
		60% 70%									
		70% 80%									
		80% 90%									
		100%									

Elaboración propia.

Ilustración 12 Tabla de representación de valores para alta y baja rugosidad



Elaboración propia.








## **2. CRITERIO: FORMA-VOLUMEN- ORIENTACIÓN-PROPORCION.**

Se tomó la clasificación climática de Colombia, y las recomendaciones bioclimáticas para la configuración de zonas aisladas, con base en estas generalidades se hizo una ponderación de rangos mínimos y máximos, según estas características formales. Ver Anexo gráfica clima -forma.



## ZONA CÁLIDA HÚMEDA

Ilustración 13 Tabla de estrategias bioclimáticas formales en zona cálida húmeda

ZONA CÁLIDA HÚMEDA						
Altitud entre los 0 y 800 msnm, con temperaturas superiores a los 24°C						
humedad relativa superior al 75%						
CONFIGURACION DE CASAS AISLADAS						
ARQUITECTURA	ESTRATEGIAS ARQUITECTONICAS BIOCLIMATICAS	INCIDENCIA confort INTERIOR	LUMÍNICA	TÉRMICA	ACÚSTICA	PROPIEDADES DE MATERIALES
FORMA	<p>PLANTA</p>  <p>CORTE</p>  <p>ALZADO</p> 	<p>Forma rectangular, circulación perimetral, Corredores cubiertos por aleros, fachadas abiertas</p>	<p>La cualidad de distribución de la luz depende del acceso con respecto a la forma, mientras mas regular y parejo mas uniformidad</p>	<p>Las formas complejas o alargadas influyen en la distribución de la radiación y la convección, dependiendo de la posición de las fuentes de calor dentro del local.</p>	<p>Volumen mayor, reverberación mayor y mayor cantidad de aire</p>	<p>Muros con alta inercia térmica, o con material aislante, color ext, oscuro, recubrimiento interior claro y poroso.</p>
		<p>Techo inclinado pendientes superiores a 35°, altura libre 2,50, muros livianos</p>	<p>Aleros. Fachadas principales mas largars al noroeste, laterales mas cortas, con control sola, fachada sur protección solar todo el tiempo, ocrujias al sur</p>		<p>Muros Cámara de aire. Baldosas de porcelana, cerámicas, gres o cemento en pisos.</p>	<p>Materiales porosos que no conserven humedad. Poca densidad y baja conductividad térmica</p>
		<p>Ventanas grandes en fachadas Ventanas superiores de ventilación, cambios de niveles, pendientes de cubiertas</p>	<p>Superficies lisas y de colores</p>	<p>Ventilación interior para evitar proliferación de bacterias y hongos. Evitar corrientes húmedas. Ventilación entre doble cubierta y entre piso y suelo.</p>	<p>Generar espacios semienterrados</p>	<p>Cámara bajo cubierta para que salga aire</p>
VOLUMEN		<p>Volumen: compacto hacia el centro del volumen, fachadas abiertas</p>	<p>Relación entre superficies y aberturas. Grandes espacios de poca altura deben complementarse con luz cenital</p>	<p>A mayor volumen mas problemas de estratificación, y ausencia en uniformidad de condiciones</p>	<p>Volumen menor, reverberación menor y menor cantidad de aire</p>	<p>Losas de concreto macizas impermeabilizadas. Losas de concreto</p>
ORIENTACIÓN	<p>ORIENTACIÓN</p> 	<p>Orientación: fachada mas larga hacia el norte para evitar radiación solar, hacia el eje eólico. Planos de cubierta con mayor área hacia el norte</p>	<p>Óptima porque reciben menos radiación solar</p> 	<p>Se recomiendan ventanas mas pequeñas y aleros de protección</p> 		
PROPORCIÓN			<p>Relación entre la forma y las entradas de luz.</p>	<p>Los espacios proporcionales alargadas mejoran con el acceso de energía lateral. Altura favorece la estratificación térmica, favorable en clima cálido, desfavorable en climas frios.</p>	<p>Estudiarlas para distribuir de manera uniforme el sonido</p>	

Elaboración propia.

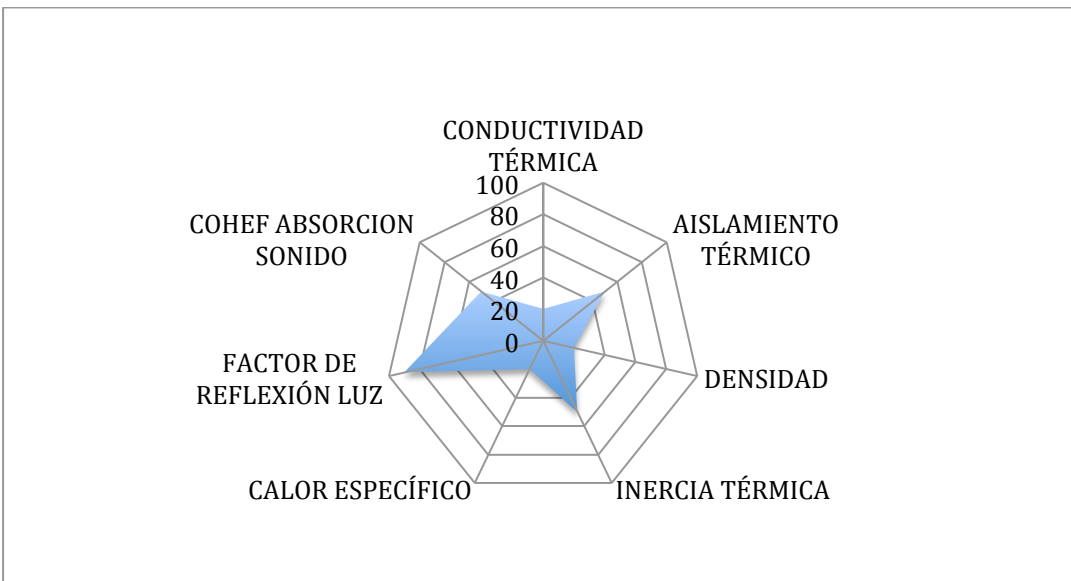
Ilustración 14 Tabla de ponderacion de valores de propiedades en zona cálida húmeda

%	factor reflexión	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	cohef. Absorción
0% 10%							
10% 20%							
20% 30%							
30% 40%							
40% 50%							
50% 60%							
60% 70%							
70% 80%							
80% 90%							
100%							

Elaboración propia.

### Gráfica de propiedades para la zona cálida húmeda según criterios de forma volumen orientación y proporción


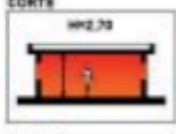
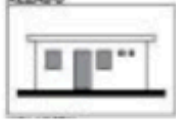


Ilustración 15 Tabla de representación de propiedades en zona cálida húmeda



Elaboración propia.

## ZONA CÁLIDA SECA

Ilustración 16 Tabla de estrategias bioclimáticas formales en zona cálida seca

ZONA CÁLIDA SECA						
Altitud entre los 0 y 800 msnm. , con temperaturas superiores a los 24°C						
humedad relativa inferior al 75%						
CONFIGURACION DE CASAS AISLADAS						
ARQUITECTURA		ESTRATEGIAS ARQUITECTÓNICAS BIOCLIMÁTICAS	INCIDENCIA INTERIOR			MATERIALES
			LUMINICA	TERMICA	ACÚSTICA	
FORMA	 <p>PLANTA</p>	Forma preferiblemente cuadrada, patio interior para ventilar	Mas entradas de luz - patio interior	Muros gruesos que retarden el calor de día y frio de la noche	Cámaras interanas ventiladas desde el exterior, o rellena con aislante térmico: fibras vegetales, inertes de vidrio o poliuretano	Materiales mas densos, para mayor inercia. Alta inercia, baja conductividad.
	 <p>CORTE</p>	Techo lligeramente inclinado, altura min 2,70, cubierta de bóveda en concreto de bajo espesor acabado reflectante, aislamiento térmico. Cámaras de aire aislante. Cubiertas ajardinadas (aislante)	Evitar la incidencia directos	En muchos casos es necesaria la ventilación mecánica Aperturas orientadas hacia el eje eólico, entrada a la mitad de la fachada salida con basculallntes	Muros mas de 20 cms.	Muros ext: Se recomiendan muros gruesos que retarden el calor del día y el frío de la noche.- Ladrillos guresos porosos.
	 <p>ALZADO</p>	Ventanas pequeñas en fachada, para evitar polvo, arena, sol.	Se recomiendan superficies lisas y blancas, que reflecten la luz solar	No es conveniente la ventilación durante el día, ventilar en las tardes y noches. Habitaciones deben ser individuales		Cubiertas materiales masivos. Losas concreto aligeradas, ladrillo cerámico aligerado
VOLUMEN		Compacto y cerrado, patio interior para ventilar genera sombras, ventanas interiores mas grandes.	Patio interior para crear áreas de sombra	El patio interior permite la ventilación cruzada en espacios		Muros Interiores: Mampostería 10-15 cms. Divisiones de paneles yeso, cemento o fibrocemento, pinturas color claro.
ORIENTACIÓN		Fachada ppal orientada hacia el norte, fachada principal hacia el eje eólico	Fachadas cortas hacia oriente y occidente. Fachada sur con aleros	Dispositivos de control de radiación solar en fachadas sur, evitando solar		Divisiones yeso corton biombos, telas cortinas en cañas. Muros en adobes-mortero. Tierra cemento o bahareque
PROPORCIÓN		Se recomiendan formas rectangulares o con Proporciones 1:1,5	Evitar fachadas muy largas expuestas al sol			

Elaboración propia.

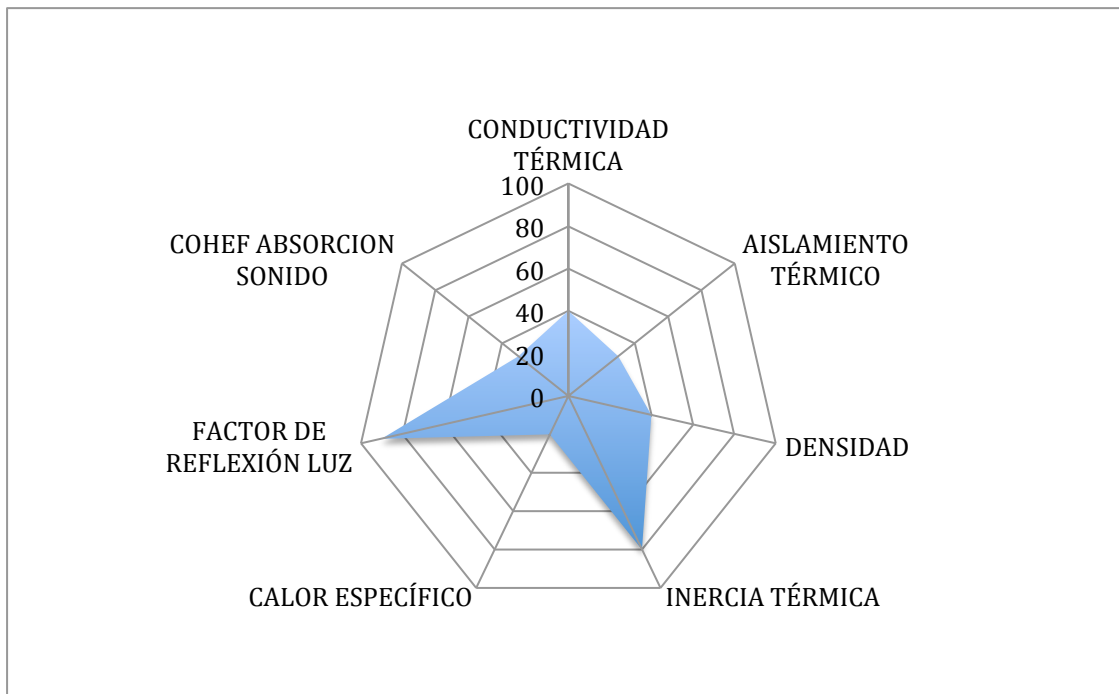
Ilustración 17 Tabla de ponderacion de valores de propiedades en zona cálida seca

%	factor reflexión	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	cohef. Absorción
0% 10%							
10% 20%							
20% 30%							
30% 40%							
40% 50%							
50% 60%							
60% 70%							
70% 80%							
80% 90%							
100%							

Elaboración propia.

### Gráfica de propiedades para la zona cálida seca según criterios de forma volumen orientación y proporción






Ilustración 18 Tabla de representación de propiedades en zona cálida seca



Elaboración propia.

## ZONA TEMPLADA

Ilustración 19 Tabla de estrategias bioclimáticas formales para zona templada

ZONA TEMPLADA						
Altitud en el rango de los 800 a los 1.800 msnm, temperatura media anual entre 18o y 24oC						
humedad relativa entre 70 y 85%						
CONFIGURACIÓN DE CASAS AISLADAS						
ARQUITECTURA		ESTRATEGIAS ARQUITECTÓNICAS BIOCLIMATICAS	INCIDENCIA INTERIOR	MATERIALES		
				LUMINICA	TERMICA	ACÚSTICA
FORMA	<b>PLANTA</b> 	Forma rectangular o cuadrada, circulación lineal, aleros en fachadas largas, fachadas largas abiertas			Muros masivos de mampostería pesada o llena. Adobe y tapia pisada masiva	Materiales masivos alta inercia térmica con aislamiento térmico en la cara exterior, cámara con paso de aire que permita ventilación
	<b>CORTE</b>  <b>ALTADO</b> 	techo inclinado entre 15 y 25°, de acuerdo a precipitaciones. Alt mínima 2,50	ventanas grandes fachada sur y pequeñas al norte para no perder calor interior	Mayor iluminación interior por ventanas grandes	Muros gruesos para no perder el calor interior, techos livianos. Evitar corrientes húmedas y frías en la noche, pocos requerimientos	Materiales densos de mediana conductividad.
VOLUMEN	<b>VOLUMEN</b> 	Volumen compacto, cubierta a dos aguas aleros, fachadas ant y post altas. Fachadas laterales mas bajas cerradas y pequeñas				Muros exteriores: mampostería pesada o llena, ladrillos cerámicos o mat pétreos 12 a 15 cms, pantallas de concreto 10 a 12 cms. Adobe o tapia pisada de 15 a 25 cms
ORIENTACIÓN	<b>ORIENTACIÓN</b> 	Fachada ppal mas larga hacia el sur para ganancia solar directa, fachada principal hacia brisa predominante, planos siguiendo curvatura solar	Fachadas al oeste y suroeste vanos pequeños con control solar	planos siguiendo curvatura solar para mayor area de soleamiento. Aperturas amplias orientadas al sur para captar radiación solar		Muros interiores: muros esbeltos masivos alta inercia térmica.
PROPORCIÓN		Proporción rectangular es ideal para tener mas ganancia solar directa				

Elaboración propia.

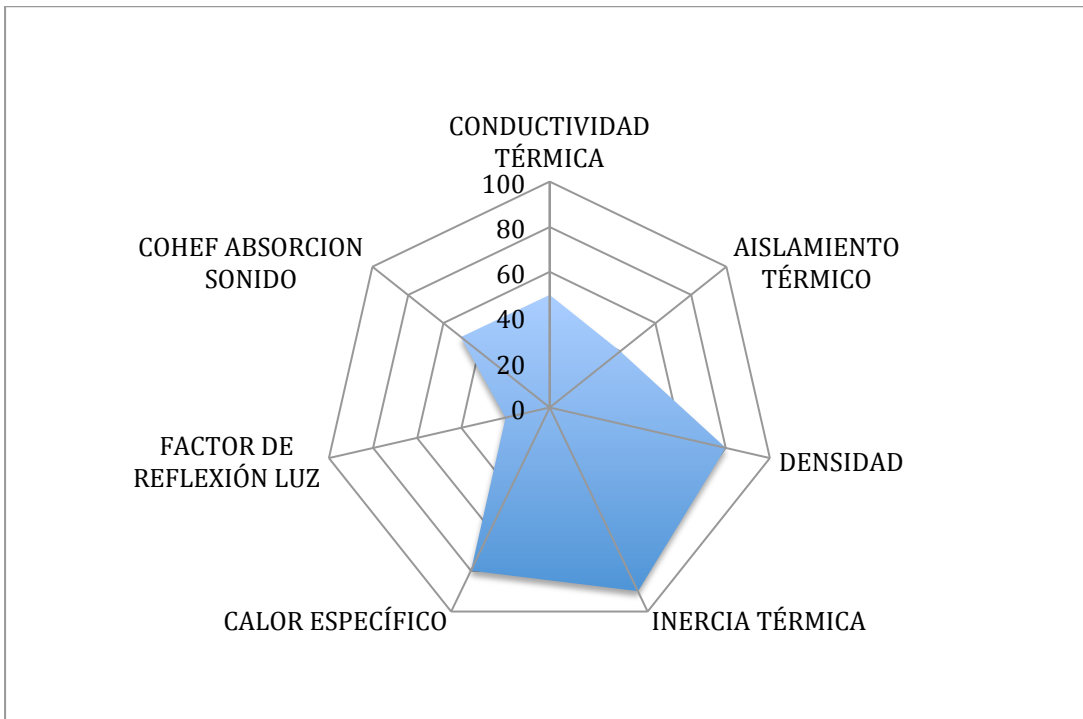
Ilustración 20 Tabla de ponderacion de valores de propiedades en zona templada

%	factor reflexión	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	cohef. Absorción
0% 10%							
10% 20%							
20% 30%							
30% 40%							
40% 50%							
50% 60%							
60% 70%							
70% 80%							
80% 90%							
100%							

Elaboración propia.

### Gráfica de propiedades para la zona templada según criterios de forma volumen orientación y proporción.


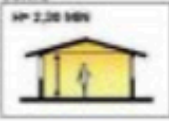

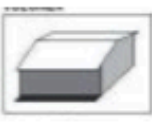



Ilustración 21 Tabla de representación de propiedades en zona templada



Elaboración propia.

## ZONA FRÍA

Ilustración 22 Tabla de estrategias bioclimáticas formales para zona fría

ZONA FRÍA						
Altitud superior a los 1.800 msnm, temperatura entre 12 y 17°C						
humedad relativa entre 60 y 80%.						
ARQUITECTURA		ESTRATEGIAS ARQUITECTÓNICAS BIOCLIMATICAS	INCIDENCIA INTERIOR			MATERIALES
			LUMINICA	TERMICA	ACÚSTICA	
FORMA	<p>PLANTA</p> 	Forma preferiblemente cuadrada para evitar pérdidas de calor			Materiales mayor inercia térmica y alto aislamiento acústico	Materiales masivos con alta inercia térmica, aislamiento térmico en las dos caras
	<p>CORTE</p> <p>AP 2,30 MMS</p> 	Techo plano o inclinaciones inferiores 15°, máximo hasta 25° con planos en dos direcciones expuestas a la radiación solar. Alt 2,30	Fachada principal con asoleo todo el tiempo	Muros gruesos masivos.	Concreto: mas de 15 cms, mampostería llena bloques arena cemento 25 cms, placa 12 cms, teja de barro y pizarra	Densos de alta conductividad térmica
		Ventanas grandes en fachadas sur, oriente, y occidente para ganancia solar	Ventanas pequeñas en fachadas laterales, con control solar en épocas de calor	Aislamiento térmico en caras internas. Superficies exteriores oscuras expuestas al sol captadoras de calor		Muros con textura y color oscuro para absorber calor y acumularlo
VOLUMEN		Compacto y cerrado forma cúbica para mínima pérdida de calor	Superficies rugosas de color oscuro	Estrategias: cubiertas semiinclinadas, ajardinadas transitables, acumuladoras, o muro trombe calefactor.		Muros: ladrillos cerámicos, o materiales pétreos a la vista, muros en concreto. Muros int: muros delgados térmicos, placas de entrapiso
ORIENTACIÓN	<p>ORIENTACIÓN</p> 	Fachada principal orientada hacia el este o el oeste para ganancia solar directa, fachada sur ventanas grandes, fachada ppal perpendicular a viento	<p>HACIA EL SUR</p>  <p>HACIA EL NORTE</p> 			Pisos: piso a nivel de suelo térmicos, losa con aislamiento poliuretano. Cerámica, gres o cemento. Entablados sobre entramados de
PROPORCIÓN		aceptables proporciones 1:2, preferiblemente alargada para mayor asoleación en mañana y tarde				

Elaboración propia.

Ilustración 23 Tabla de ponderación de valores de propiedades en zona fría

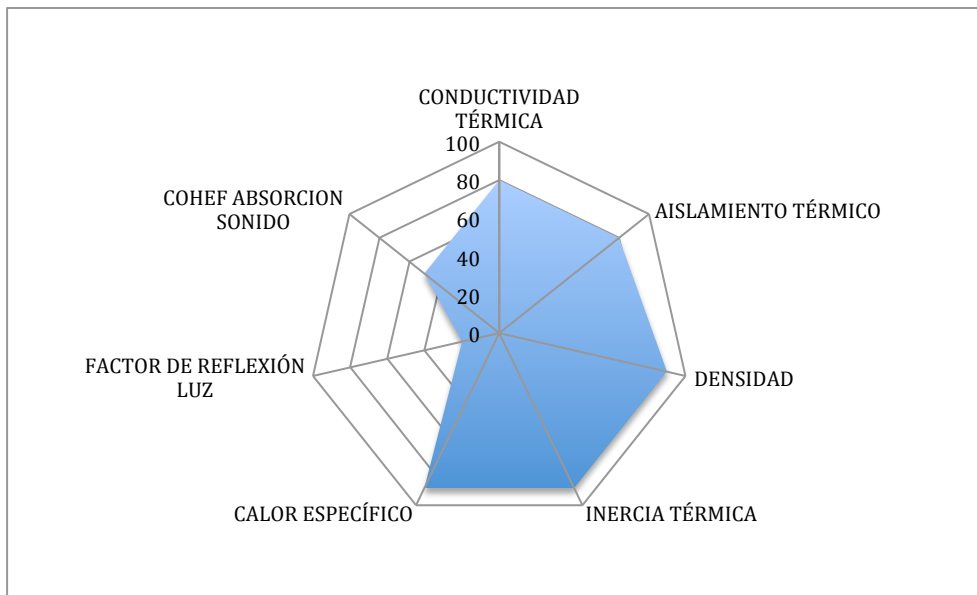
%	factor reflexión	conductividad térmica	aislamiento térmico	densidad	inercia térmica	calor específico	coef. Absorción
0% 10%							
10% 20%							
20% 30%							
30% 40%							
40% 50%							
50% 60%							
60% 70%							
70% 80%							
80% 90%							
100%							

Elaboración propia.

## GRÁFICA DE PROPIEDADES PARA LA ZONA FRÍA

### SEGÚN CRITERIOS DE FORMA VOLUMEN ORIENTACIÓN Y PROPORCIÓN

Ilustración 24 Tabla de representación de propiedades en zona fría



Elaboración propia.



**ANEXO 4 PONDERACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE PROPIEDADES DE MATERIALES**

En este Anexo se presentan los coeficientes de las propiedades de los materiales y se hace un ponderación por porcentajes. Las columnas que se presentan en fondo blanco corresponden a los coeficientes de las diferentes propiedades para los grupos de materiales que se clasificaron para interior. Las columnas que se presentan en fondo rosado corresponden a la ponderación de porcentajes, de 0 a 100% donde se tomó para cada propiedad el valor mínimo y máximo.

## TÉRMICA

GRUPO	MATERIAL	uso	CONDUCTIVIDAD TERM.	AISLAMIENTO	DENSIDAD	%DENSIDAD	INERCIA TÉRMICA	% INERCIA TÉRMICA	CALOR ESPECÍFICO	%CALOR ESP	ENERGIA EMBEBIDA	%E EMBEBIDA	
			A		p								
			W/mK	% CONDUCT	% AISLAM		kg/m3				MJ/KG		
	AIRE		0,026	0,01	100,00	1,223	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	AGUA		0,582	0,15	4,47	1000,000	11,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
MADERAS													
	MADERA CONSTRUCCIÓN	Estructuras	1,400	0,36	1,86	700,000	7,87	387,000	10,33	900,000	47,87	9,500	0,66
	MADERAS ASERRADAS	Pisos	0,160	0,04	16,25	700,000	7,87	387,000	10,33	1340,000	71,28	1,200	0,08
	MADERA TRANSFORMADA TABLEROS CHAPADOS	Revestimientos paredes	0,160	0,04	16,25	800,000	8,99	423,000	11,29	1400,000	74,47	10,400	0,72
	MADERA TRANSFORMADA TABLERO MACIZO,MDF FIBRAS	Paredes, muebles,carpintería	0,160	0,04	16,25	800,000	8,99	423,000	11,29	1400,000	74,47	10,400	0,72

FIBRAS NATURALES	CORCHO, CHUSQUE, FIQUE, PALMA	carpinteria	0,050	0,01	52,00	120,000	1,35	106,000	2,83	1880,000	100,00	1,000	0,07
	GUADUA	Estructura, revestimiento, muebles	0,160	0,04	16,25	1,100	0,01		0,00		0,00		0,00
	FIBRA DE COCO	revestimiento pared, muebles	0,045	0,01	57,78				0,00		0,00		0,00
	CASCARILLA DE CAFÉ	revestimiento pared, muebles	0,045	0,01	57,78				0,00		0,00		0,00
	CASCARILLA DE ARROZ	revestimient pared, muebles	0,036	0,01	72,22		0,00		0,00		0,00		0,00

PIEDRA	PIEDRA	Pisos, revestimientos, mesones	0,760	0,20	3,42	1,650	0,02	1,026	27,36	840,000	44,68	4,500	0,31
	MARMOL	Pisos, revestimientos, mesones	2,900	0,75	0,90	2,590	0,03		27,36		0,00		0,00
	GRANITO	Pisos, revestimientos, mesones	3,500	0,90	0,74	2,500	0,03		27,36		0,00		0,00
	PIZARRA	Pisos, revestimientos, mesones	0,760	0,20	3,42	1,650	0,02	1,026	27,36	840,000	44,68	6,800	0,47

AGREGADOS	MORTERO CEMENTO	Pisos	1,250	0,32	2,08	2,000	0,02	1,447	38,62	873,000	46,44	1,600	0,11
	PREFABRICADOS BLOQUES	Estructuras y revestimientos	1,400	0,36	1,86	2,200	0,02	1,026	27,36	873,000	46,44	2,000	0,14
	CONCRETO REF FIBRA VIDRIO	Estructuras y revestimientos	9,550	2,46	0,27	2,100	0,02	3,747	100	700,000	37,23	7,600	0,53
	YESO SOBRE LADRILLO	Revestimientos	0,488	0,13	5,33	1,440	0,02		0		0,00		0,00
	LAM FIBROCE. Y YESO	Revestimientos	1,400	0,36	1,86	1,600	0,02	1,420	37,90	900,000	47,87	9,500	0,66

TIERRA CRUDA	T. PISADA, ADOBE ,BAHAREQUE		0,500	0,13	5,20	1,600	0,02	872,000	23,27	950,000	50,53	0,350	0,02
TIERRA COCIDA	LADRILLOS-BLOQUES	Revestimientos	0,814	0,21	3,19	1,800	0,02	1,100	29,36	840,000	44,68	4,500	0,31
	TABLETAS VITRIFICADOS	Revestimientos	1,200	0,31	2,17	1,800	0,02	1,347	27,38	840,000	44,68	7,500	0,52

CERAMICA	BALDOSA	Revestimientos	2,000	0,51	1,30		0,00		27,38		0,00		0,00
VIDRIO	VIDRIO PLANO	Envolvente	0,810	0,21	3,21	2600,000	29,21	1,324	35,33	833,000	44,31	15,900	1,10
	VIDRIO EN BLOQUES	envolvente, estructura	0,810	0,21	3,21	2,600	0,03	1,324	35,33	833,000	44,31	15,900	1,10
	VIDRIO ESTRUCTURAL	envolvente, estructura	0,810	0,21	3,21	2,600	0,03	1,324	35,33	833,000	44,31	16,300	1,13
	FIBRA DE VIDRIO	Revestimientos	0,040	0,01	65,00	220,000	2,47	78,000	2,08	795,000	42,29	30,300	2,10
METAL	ACERO Y HIERRO	envolvente, estructura, revestimiento	52,000	13,37	0,05	7850,000	88,20	13,703	0,37	460,000	24,47	34,000	2,36
	ALUMINIO	envolvente, estructura, revestimiento	220,000	56,56	0,01	2700,000	30,34	23,237	0,62	909,000	48,35	227,000	15,73
	COBRE	envolvente, estructura, revestimiento	389,000	100,00	0,01	8900,000	100,00	36,200	0,97	389,000	20,69	70,600	4,89
POLIMEROS NATURALES	CAUCHO	Revestimientos	0,160	0,04	16,25	1,150	0,01	614,000	16,39	2,009	0,11	67,500	4,68
POLIMEROS	POLIURETANO	Revestimientos	0,330	0,08	7,88	30,000	0,34	130,000	3,47	1,700	0,09	117,000	8,11
	POLIESTIRENO	Revestimientos	0,035	0,01	74,29	50,000	0,56	130,000	3,47	1,700	0,09	117,000	8,11
	POLICARBONATO	Revestimientos	0,030	0,01	86,67	1,200	0,01		0,00		0,00		0,00
	ESPUMA FENÓLICA	Revestimientos	0,038	0,01	68,42	30,000	0,34		0,00		0,00		0,00
	ACRILICO PVC PLEXIGLASS	Revestimientos	0,190	0,05	13,68	1,180	0,01	1,000	0,03	0,010	0,00	103,000	7,14
COMPUESTO S MINERALES Y PLASTICOS	CORIAN RESINA ACRÍLICA+ HIDROXIDO DE AL	Revestimientos, mobiliario	0,300	0,08	8,67	2400,000	26,97		0,00		0,00		0,00
	SILESTONE/QUARZTO NE 85-95 MINERALES SILICE QUARZOS 5-15 RESINA O POLIESTER	Revestimientos, mobiliario	1,300	0,33	2,00	2250,000	25,28		0,00		0,00		0,00
TEXTILES	ALGODÓN FIQUE	Revestimientos,	1,000	0,26	2,60	250,000	2,81	548,000	14,63	1200,000	63,83	1443,000	100,00

VEGETALE	MIMBRE	mobiliario											
TEXT ANIMALES	LANA, ALPACA CUERO	Revestimientos, mobiliario	2,000	0,51	1,30	200,000	2,25	632,000	16,87	1,000	0,05	2,000	0,14
TEXTIL	LANA DE ROCA (MINERAL)	Revestimientos, mobiliario	0,370	0,10	7,03	140,000	1,57	197,000	5,26	750,000	39,89	14,600	1,01
TEXTILES SINTETICOS	FIELTROS SOBRE PARED/NYLON-POLIESTER	Revestimientos, mobiliario	0,050	0,01	52,00	120,000	1,35	106,000	2,83	1,880	0,10	1,000	0,07
	ALFOMBRA SOBRE CEMENTO NYLON - POLIESTER	Revestimientos	0,050	0,01	52,00	120,000	1,35	106,000	2,83	1,880	0,10	1,000	0,07

## LUMÍNICA

GRUPO	MATERIAL	FACTOR REFLEXIÓN			TRANSMISIÓN DE LA LUZ	INDICE DE REFRACCIÓN	
				%FACTOR REF		%IND REFR	
	AIRE			0,00		1,00029	40,01
	AGUA			0,00		1,31	52,40

MADERAS	MADERA CONSTRUCCIÓN	0,10-0,25	0,25	27,78			0,00
	MADERAS ASERRADAS	0,30-0,50	0,50	55,56			0,00
	MADERA TRANSFORMADA TABLEROS CHAPADOS		0,50	55,56			0,00
	MADERA TRANSFORMADA TABLERO MACIZO,MDF FIBRAS		0,50	55,56			0,00
FIBRAS NATURALES	CORCHO,CHUSQUE, FIQUE, PALMA			0,00			0,00
	GUADUA			0,00			0,00
	FIBRA DE COCO			0,00			0,00
	CASCARILLA DE CAFÉ			0,00			0,00
	CASCARILLA DE ARROZ			0,00			0,00

PIEDRA	PIEDRA			0,00			0,00
	MARMOL	0,60-0,70	0,70	77,78			0,00
	GRANITO	0,15-0,25		0,00			0,00
	PIZARRA			0,00			0,00

AGREGADOS	MORTERO CEMENTO	0,35-0,55	0,55	61,11			0,00
-----------	-----------------	-----------	------	-------	--	--	------

	PREFABRICADOS BLOQUES			0,00			0,00
	CONCRETO REF FIBRA VIDRIO			0,00			0,00
	YESO SOBRE LADRILLO			0,00			0,00
	LAM FIBROCE. Y YESO			0,00			0,00

TIERRA CRUDA	T. PISADA, ADOBE ,BAHAREQUE			0,00			0,00
TIERRA COCIDA	LADRILLOS-BLOQUES	0,15-0,25	0,25	27,78			0,00
	TABLETAS VITRIFICADOS			0,00			0,00
CERAMICA	BALDOSA	0,60-0,80	0,80	88,89			0,00

VIDRIO	VIDRIO PLANO	0,80-0,90	0,90	100,00		1,5171	60,68
	VIDRIO EN BLOQUES			0,00			0,00
	VIDRIO ESTRUCTURAL			0,00			0,00
	FIBRA DE VIDRIO			0,00			0,00

METAL	ACERO Y HIERRO	0,55-0,65	0,65	72,22		2,5	100,00
	ALUMINIO	0,55-0,60	0,60	66,67		1,44	57,60
	COBRE	0,35-0,80	0,80	88,89			0,00

POLIMEROS NATURALES	CAUCHO			0,00			0,00
POLIMEROS	POLIURETANO			0,00			0,00
	POLIESTIRENO			0,00			0,00
	POLICARBONATO			0,00			0,00
	ESPUMA FENÓLICA			0,00			0,00
	ACRILICO PVC PLEXIGLASS			0,00			0,00
COMPUESTOS MINERALES Y PLASTICOS	CORIAN RESINA ACRÍLICA+ HIDROXIDO DE AL			0,00			0,00

SILESTONE/QUARZTONE 85-95 MINERALES SILICE QUARZOS 5-15 RESINA O POLIESTER			0,00		0,00
--	--	--	------	--	------

TEXTILES VEGETALE	ALGODÓN FIQUE MIMBRE		0,00		0,00
TEXT ANIMALES	LANA, ALPACA CUERO		0,00		0,00
TEXTIL	LANA DE ROCA (MINERAL)		0,00		0,00
TEXTILES SINTETICOS	FIELTROS SOBRE PARED/NYLON-POLIESTER		0,00		0,00
	ALFOMBRA SOBRE CEMENTO NYLON-POLIESTER		0,00		0,00
			0,00		

COLORES			0,00
BLANCO	0,70-0,85	0,85	94,44
TECHO BL	0,50-0,65	0,65	72,22
GRIS CLARO	0,40-0,50	0,50	55,56
GRIS OSCURO	0,10-0,20	0,20	22,22
NEGRO	0,03-0,07	0,07	7,78
CREMA	0,50-0,75	0,75	83,33
MARRON CLARO	0,30-0,40	0,40	44,44
MARRON OSCURO	0,10-0,20	0,20	22,22
ROSA	0,45-0,55	0,55	61,11
ROJO CLARO	0,30-0,50	0,50	55,56
ROJO OSCURO	0,10-0,20	0,20	22,22
VERDE CLARO	0,45-0,65	0,65	72,22
VERDE OSCURO	0,10-0,20	0,20	22,22
AZUL CLARO	0,40-0,55	0,55	61,11
AZUL OSCURO	0,05-0,15	0,15	16,67



## ACÚSTICA

GRUPO	MATERIAL	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DEL SONIDO								
		A FRECUENCIA Hz					%COEF ABS	1000	2000	4000
		125	250	500						
	AIRE	1	1	1			100,00	1	1	1
	AGUA						0,00			
MADERAS	MADERA CONSTRUCCIÓN	0,04	0,04	0,03			3,00	0,03	0,03	0,02
	MADERAS ASERRADAS	0,04	0,04	0,03			3,00	0,03	0,03	0,02
	MADERA TRANSFORMADA TABLEROS CHAPADOS	0,1	0,11	0,1			10,00	0,08	0,08	0,11
	MADERA TRANSFORMADA TABLERO MACIZO,MDF FIBRAS	0,3	0,2	0,2			20,00	0,17	0,15	0,1
FIBRAS NATURALES	CORCHO,CHUSQUE, FIQUE, PALMA	0,08	0,08	0,3			30,00	0,31	0,28	0,28
	GUADUA						0,00			
	FIBRA DE COCO						0,00			
	CASCARILLA DE CAFÉ						0,00			
	CASCARILLA DE ARROZ						0,00			
PIEDRA	PIEDRA						0,00			
	MARMOL	0,01	0,01	0,01			1,00	0,01	0,02	0,02
	GRANITO						0,00			
	PIZARRA						0,00			
AGREGADOS	MORTERO CEMENTO						0,00			

	PREFABRICADOS BLOQUES				0,00			
	CONCRETO REF FIBRA VIDRIO				0,00			
	YESO SOBRE LADRILLO	0,02	0,02	0,02	2,00	0,03	0,04	0,04
	LAM FIBROCE. Y YESO	0,29	0,1	0,05	5,00	0,04	0,07	0,09

TIERRA CRUDA	T. PISADA, ADOBE ,BAHAREQUE				0,00			
TIERRA COCIDA	LADRILLOS-BLOQUES	0,02	0,02	0,03	3,00	0,04	0,05	0,05
	TABLETAS VITRIFICADOS				0,00			
CERAMICA	BALDOSA	0,2	0,4	0,7	70,00	0,8	0,6	0,4

VIDRIO	VIDRIO PLANO	0,04	0,04	0,03	3,00	0,03	0,02	0,02
	VIDRIO EN BLOQUES				0,00			
	VIDRIO ESTRUCTURAL				0,00			
	FIBRA DE VIDRIO				0,00			

METAL	ACERO Y HIERRO				0,00			
	ALUMINIO				0,00			
	COBRE				0,00			

POLIMEROS NATURALES	CAUCHO				0,00			
POLIMEROS	POLIURETANO				0,00			
	POLIESTIRENO				0,00			
	POLICARBONATO				0,00			
	ESPUMA FENÓLICA				0,00			
	ACRILICO PVC PLEXIGLASS				0,00			
COMPUESTOS MINERALES Y PLASTICOS	CORIAN RESINA ACRÍLICA+ HIDROXIDO DE AL				0,00			

SILESTONE/QUARZTONE 85-95 MINERALES SILICE QUARZOS 5-15 RESINA O POLIESTER					0,00			
--	--	--	--	--	------	--	--	--

TEXTILES VEGETALE	ALGODÓN FIQUE MIMBRE				0,00			
TEXT ANIMALES	LANA, ALPACA CUERO				0,00			
TEXTIL	LANA DE ROCA (MINERAL)				0,00			
TEXTILES SINTETICOS	FILTROS SOBRE PARED/NYLON- POLIESTER	0,13	0,41	0,56	56,00	0,69	0,65	0,49
	ALFOMBRA SOBRE CEMENTO NYLON - POLIESTER	0,04	0,04	0,08	8,00	0,12	0,03	0,1