



[VIGILADA MINEDUCACIÓN Res. 1229 de 2016]

TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO MAGISTER EN HABITAT
SUSTENTABLE

TÍTULO: DESEMPEÑO BIOCLIMATICO DE AULAS UNIVERSITARIAS EN POPAYÁN,
COLOMBIA: COMPARACIÓN DE UNA EDIFICACION BIC Y UNA EDIFICACION NUEVA
DISEÑADA CON CRITERIOS BIOCLIMATICOS BASICOS

ESTUDIANTE: Mary Isabel López Narváez

ASESOR: Arq. PhD Lucas Arango Díaz

Pontificia Universidad Javeriana Cali

ENERO 2026

A mi esposo, mi motor de arranque y apoyo incondicional.
A mis hijos, por su paciencia y comprensión.
A mi Asesor de tesis, por su guía y darme el último impulso.
A mis profesores, por la paciencia y agradecimientos.
A mí misma, por llegar, por soñar sin fecha de vencimiento.
Por demostrar que los sueños y metas no envejecen con los años.

DESEMPEÑO BIOCLIMATICO DE AULAS UNIVERSITARIAS EN POPAYÁN,
COLOMBIA: COMPARACIÓN DE UNA EDIFICACION BIC Y UNA EDIFICACION
NUEVA DISEÑADA CON CRITERIOS BIOCLIMATICOS BASICOS

Mary Isabel López Narváz

ASESOR

Arq. PhD Lucas Arango Díaz

Pontificia Universidad Javeriana

Maestría Hábitat Sustentable

Cali-Colombia

2025

CONTENIDO

1.	CAPITULO - FORMULACIÓN	14
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	14
1.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1.	PROBLEMA	18
1.2.2.	IDEA	18
1.2.3.	CONTEXTO	19
1.3.	OBJETIVOS.....	20
1.3.1.	OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
2.	CAPITULO - CLIMATOLOGÍA DE POPAYÁN.....	21
2.1.	TEMPERATURA.....	22
2.2.	HUMEDAD RELATIVA.....	23
2.3.	RADIACIÓN.....	24
2.4.	VIENTOS.....	25
2.5.	CARTA PSICOMETRICA	28
3.	CAPITULO – MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL.....	29
3.1.	EDIFICIOS PATRIMONIALES EN POPAYÁN	29
3.1.1.	HISTORIA-LA ARQUITECTURA COLONIAL	29
3.1.2.	LA ARQUITECTURA DE POPAYAN	32
3.1.3.	LOCALIZACIÓN DEL CENTRO HISTORICO DE POPAYÁN.....	32

4.	PRESENTACIÓN ESTUDIO DE CASO DE EDIFICIO PATRIMONIAL	35
4.1.	CASO DE ESTUDIO 1 - FACULTAD DE ARTES	35
4.1.1.	HISTORIA.....	35
4.1.2.	NORMATIVAS PARA EDIFICACIONES BIC.....	44
4.1.3.	BIOCLIMATICA Y EDIFICIOS PATRIMONIALES	57
4.1.4.	DESEMPEÑO TERMICO Y LUMINICO EN EDIFICACIONES PATRIMONIALES CON ÉNFASIS EN POPAYÁN	59
4.2.	CASO DE ESTUDIO 2 - EDIFICIO NUEVO DE AULAS SECTOR TULCAN 63	
4.2.1.	CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS EDIFICACIONES EDUCATIVAS EN POPAYÁN 63	
5.	CAPITULO –METODOLOGÍA Y DIAGNOSTICO	96
5.1.	SELECCIÓN DE ESPACIOS A ANALIZAR.....	98
5.1.1.	Caso 1: La Facultad de Artes	98
5.1.2.	Caso 2: Edificio de Aulas-Sector Tulcán.	116
5.2.	DIAGNOSTICO	123
5.2.1.	Medición.....	128
5.2.2.	Encuesta	132
5.2.3.	Simulación Computacional	136
5.2.4.	Resumen del diagnóstico en salones Facultad de Artes.....	137
6.	CAPÍTULO - RESULTADOS	139

6.1.	Resultados de encuesta	139
6.2.	Resultado de Mediciones-Caso 1-Facultad de Artes.....	144
6.2.1.	Medición de temperatura y humedad	145
6.2.2.	iluminación.....	150
6.2.3.	Nivel de Ruido	159
6.3.	Simulación computacional	164
7.	CAPITULO - PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PASIVAS A IMPLEMENTAR EN LA FACULTAD DE ARTES.....	192
7.1.	Salón124	193
7.2.	Estrategia salón 128:.....	195
7.3.	Estrategia salón 202:.....	198
7.4.	Estrategia salón 215:.....	202
7.5.	Resumen de resultados	205
8.	CAPITULO-REVISIÓN BÁSICA DE LAS RECOMENDACIONES EN INFORME DE BIOCLIMATICA DEL EDIFICIO DE AULAS VS REALIDAD.....	207
9.	CAPITULO - CONCLUSIONES	217
10.	GLOSARIO	220
11.	BIBLIOGRAFÍA	221

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Localización casos de estudio vs estación climática	21
Figura 2 Gráfico de temperatura del aire	22
Figura 3 <i>Gráfico de humedad relativa</i>	23
Figura 4 <i>Gráfico de radiación</i>	24
Figura 5 Gráficos climáticos de Radiación total, difusa y directa	25
Figura 6 Gráfico Rosa de los vientos.....	26
Figura 7 Gráfico de vientos	27
Figura 8 <i>Carta psicométrica de confort</i>	28
Figura 9 <i>Organización de la vivienda de los muiscas</i>	30
Figura 10 <i>Patio en vivienda Colonial</i>	31
Figura 11 <i>Ubicación del Municipio de Popayán</i>	32
Figura 12 <i>Sector histórico de Popayán</i>	33
Figura 13 <i>Centro histórico de Popayán después del terremoto</i>	34
Figura 14 <i>Facultad de artes</i>	36
Figura 15 <i>Planta primer piso de la Facultad de Artes</i>	37
Figura 16 <i>Vistas patios internos</i>	38
Figura 17 <i>Objetivos de diseño por clima</i>	46
Figura 18 <i>Niveles máximos de sonido ambiente</i>	51
Figura 19 <i>Patios interiores en casas coloniales</i>	58
Figura 20 <i>Índice UGR máximo y Niveles de iluminación exigibles para áreas de Colegios</i>	61
Figura 21 <i>Áreas efectivas de ventilación</i>	63

Figura 22 <i>Edificio nuevo de aulas</i>	66
Figura 23 <i>Plantas arquitectónicas Edificio Aulas</i>	68
Figura 24 <i>Plantas arquitectónicas Edificio Aulas</i>	69
Figura 25 <i>Plantas arquitectónicas Edificio Aulas</i>	70
Figura 26 <i>Cortes arquitectónicas Edificio Aulas</i>	71
Figura 27 <i>Cortes arquitectónicas Edificio Aulas</i>	72
Figura 28 <i>Cortes arquitectónicas Edificio Aulas</i>	73
Figura 29 <i>Fachadas edificio aulas</i>	74
Figura 30 <i>Fachadas edificio aulas</i>	75
Figura 31 <i>Fachadas edificio aulas</i>	76
Figura 32 <i>Fachadas edificio aulas</i>	77
Figura 33 <i>Planta cubierta edificio aulas</i>	78
Figura 34 <i>Renders edificio aulas</i>	79
Figura 35 <i>Fotos reales exterior edificio aulas</i>	81
Figura 36 <i>Fotos reales exterior edificio aulas</i>	81
Figura 37 <i>Fotos reales internas edificio aulas</i>	82
Figura 38 <i>Fotos reales internas edificio aulas</i>	82
Figura 39 <i>Fotos reales internas edificio aulas</i>	83
Figura 40 <i>Fotos reales internas edificio aulas</i>	83
Figura 41 <i>Fotos reales internas edificio aulas</i>	84
Figura 42 <i>Ubicación climática edificio aulas</i>	89
Figura 43 <i>Ventilación natural</i>	90
Figura 44 <i>Dimensionamiento de Protección solar</i>	91

Figura 45 <i>Ángulos horizontales HSA</i>	91
Figura 46 <i>Datos de condiciones para cálculo para simulaciones</i>	93
Figura 47 <i>Datos de ajustes de condiciones para cálculo para simulaciones</i>	94
Figura 48 <i>Mapa conceptual</i>	97
Figura 49 <i>Localización de salones dentro del primer piso en planta arquitectónica</i>	103
Figura 50 <i>Registro fotográfico salón 124</i>	104
Figura 51 <i>Fotografía de ventanas parte interna del salón 124</i>	105
Figura 52 <i>Registro fotográfico salón 128</i>	105
Figura 53 <i>Localización de salones dentro del segundo piso en planta arquitectónica</i> .	106
Figura 54 <i>Registro fotográfico salón 202</i>	107
Figura 55 <i>Registro fotográfico salón 202</i>	108
Figura 56 <i>Registro fotográfico salón 215</i>	109
Figura 57 <i>Registro fotográfico salón 215</i>	109
Figura 58 <i>Registro fotográfico carpintería en madera salón 215</i>	110
Figura 59 <i>Orientación del edificio de artes</i>	111
Figura 60 <i>orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 124</i>	112
Figura 61 <i>Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 128</i>	113
Figura 62 <i>Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 202</i>	114
Figura 63 <i>Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 215</i>	115
Figura 64 <i>Ubicación de aulas dentro de planta tipo arquitectónica Edificio Aulas</i>	117
Figura 65 <i>Registro fotográfico de aula 01</i>	118
Figura 66 <i>Registro fotográfico de aula 01</i>	119
Figura 67 <i>Registro fotográfico aula 07 tercer piso</i>	119

Figura 68 Registro fotográfico de aula 07	120
Figura 69 <i>Registro fotográfico aula 09 cuarto piso</i>	121
Figura 70 <i>Registro fotográfico aula 09 cuarto piso</i>	121
Figura 71 <i>Orientación solar y dirección de los vientos</i>	122
Figura 72 <i>Equipos de medición utilizados</i>	125
Figura 73 <i>Gráfico de iluminación salón 124</i>	126
Figura 74 Registro en luxómetro de aplicación en celular	127
Figura 75 <i>Ubicación datalogger EXTECH en el salón 128</i>	129
Figura 76 <i>Ubicación datalogger EXTERCH en salón 202</i>	130
Figura 77 <i>Ubicación datalogger HOBO Sonset en salón 124</i>	132
Figura 78 <i>Modelo de la encuesta aplicada</i>	133
Figura 79 <i>Confort adaptativo</i>	137
Figura 80 <i>Resumen del diagnóstico de salones en la facultad de artes</i>	138
Figura 81 <i>Resultados generales identificación de población de estudio</i>	140
Figura 82 <i>Resultados de percepción del espacio</i>	141
Figura 83 <i>Resultados de percepción del espacio en iluminación</i>	142
Figura 84 <i>Resultados de percepción de la ventilación</i>	143
Figura 85 <i>Resultados de percepción térmica</i>	144
Figura 86 <i>Registro gráfico de temperatura y humedad relativa del salón 128</i>	145
Figura 87 <i>Registro de Datalogger EXTECH - salón 202</i>	147
Figura 88 Registro de Datalogger HOBO - salón 124	148
Figura 89 Registro de Datalogger HOBO - salón 215	149
Figura 90 <i>Ubicación de luxómetro en app del salón 128</i>	150

Figura 91 Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 128	151
Figura 92 Registro de iluminación artificial de app de luxómetro salón 128	152
Figura 93 Ubicación de luxómetro digital del salón 202	153
Figura 94 Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 202	153
Figura 95 Registro de iluminación artificial de luxómetro digital mediante app salón 202	154
Figura 96 Registro de iluminación natural luxómetro digital mediante app del salón 202	154
Figura 97 Ubicación de luxómetro digital del salón 124	155
Figura 98 Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 124	156
Figura 99 Gráfico de iluminación salón 124.....	157
Figura 100 Ubicación de luxómetro digital del salón 215	158
Figura 101 Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 215	159
Figura 102 Sonómetro salón 128.....	160
Figura 103 Sonómetro salón 202.....	161
Figura 104 Sonómetro salón 202.....	162
Figura 105 Sonómetro salón 124.....	163
Figura 106 Sonómetro salón 215.....	164
Figura 107 Volumetría 3D salón 128	165
Figura 108 Gráfica de confort adaptativo salón 128.....	166
Figura 109 Simulación de iluminación salón 128	167
Figura 110 Volumetría 3D salón 124	168
Figura 111 Gráfica de confort adaptativo salón 124.....	169

Figura 112 Gráfica de desempeño térmico salón 124.....	170
Figura 113 Programación de horario del salón 124 en software	171
Figura 114 Programación en software de sistema constructivo muros salón 124	171
Figura 115 <i>Visualización de Tapia pizada</i>	172
Figura 116 Programación en software de sistema constructivo entrelosa salón 124.....	172
Figura 117 <i>Visualización entrelosa en madera</i>	173
Figura 118 Volumetría 3D para iluminación salón 124	174
Figura 119 <i>Simulación de iluminación salón 124</i>	175
Figura 120 <i>Volumetría 3D salón 202</i>	176
Figura 121 Gráfica de confort adaptativo salón 202.....	177
Figura 122 Gráfica de desempeño térmico salón 202.....	178
Figura 123 <i>Simulación de iluminación salón 202</i>	179
Figura 124 <i>Volumetría 3D salón 215</i>	180
Figura 125 Gráfica de confort adaptativo salón 215.....	181
Figura 126 Gráfica de desempeño térmico salón 215.....	182
Figura 127 <i>Simulación de iluminación salón 215</i>	183
Figura 128 <i>Volumetría aula 01 segundo piso</i>	184
Figura 129 Gráfica de desempeño térmico aula 01 segundo piso	184
Figura 130 Simulación de iluminación aula 01 segundo piso	185
Figura 131 Registro fotográfico y volumetría 3D aula 07 tercer piso	186
Figura 132 Gráfica de desempeño térmico aula 07 tercer piso.....	187
Figura 133 Simulación de iluminación aula 07 tercer piso	188
Figura 134 Registro fotográfico y volumetría 3D aula 09 cuarto piso	189

Figura 135 Gráfica de desempeño térmico aula 09 cuarto piso.....	190
Figura 136 Simulación de iluminación aula 09 cuarto piso.....	191
Figura 137 Volumetría de propuesta 1- iluminación salón 128.....	193
Figura 138 <i>Volumetría 3D salón 124</i>	194
Figura 139 Volumetría de propuesta 1- iluminación salón 128.....	194
Figura 140 Volumetría de propuesta 1- iluminación salón 128.....	195
Figura 141 <i>Comparación de gráfico de confort adaptativo propuesta estrategia 1 y 2</i>	196
Figura 142 Señalización dentro del espacio contiguo del salón128 de estrategia pasiva	197
Figura 143 Simulación de iluminación con estrategias en salón 128	198
Figura 144 Volumetría de propuesta iluminación salón 202.....	199
Figura 145 Gráfica de confort adaptativo propuesta estrategia salón 202.....	200
Figura 146 Grafica de desempeño térmico salón 202.....	201
Figura 147 Simulación de iluminación con estrategias en salón 202	201
Figura 148 Volumetría de propuesta iluminación salón 215	202
Figura 149 Gráfica de confort adaptativo propuesta estrategia salón 215.....	203
Figura 150 Grafica de desempeño térmico salón 215.....	204
Figura 151 Simulación de iluminación con estrategias en salón 215	204
Figura 152 Resumen de los análisis realizados en los salones de facultad de artes	206
Figura 153 <i>Datos de condiciones para cálculo para simulaciones</i>	208
Figura 154 <i>Datos de ajustes de condiciones para cálculo para simulaciones</i>	210
Figura 155 <i>Resumen teórico de las propuestas para la implementación de estrategias pasivas</i>	212

Figura 156 <i>Ventana de fachadas</i>	213
Figura 157 <i>Ventana interna</i>	213
Figura 158 <i>Ventana interna</i>	214
Figura 159 <i>Pérgola en concreto y cubierta de terraza</i>	214
Figura 160 <i>Comparación entre condiciones ambientales simuladas y propuestas de diseño.</i>	216
Figura 161 <i>Análisis comparativo entre edificio BIC y edificio Nuevo para uso educativo.</i>	219

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades térmicas tapia pizada	40
Tabla 2 <i>Propiedades térmicas Cubierta</i>	42
Tabla 3 Propiedades térmicas ventana en madera	43
Tabla 4 <i>Clasificación climática de acuerdo a resolución 0549 de 2015</i>	45
Tabla 5 Niveles permitidos de intervención	57
Tabla 6 Propiedades térmicas de bloque de concreto	85
Tabla 7 Transmitancia térmica de fachada con parasol vertical	86
Tabla 8 <i>Resumen cantidad horas de uso en salones departamento de música</i>	99
Tabla 9 <i>Resumen cantidad horas de uso en salones departamento de artes</i>	100
Tabla 10 <i>Resumen horario en salones departamento de artes</i>	101
Tabla 11 <i>Resumen horario en salones departamento de música</i>	102
Tabla 12 <i>Relación ventana-pared de los salones analizados</i>	116
Tabla 13 <i>Relación ventana-pared de los salones analizados</i>	123
Tabla 14 Información de toma de registro de datalogger EXTECH salón 128	129
Tabla 15 Información de toma de registro de datalogger EXTECH salón 202	131
Tabla 16 Información de toma de registro de datalogger HOBO Sonset salón 124.....	131
Tabla 17 <i>Horario de uso del salón 124</i>	170
Tabla 18 <i>Horario de uso del salón 202</i>	179

1. CAPITULO - FORMULACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado corresponde al producto del trabajo de grado en modalidad de profundización de la maestría de Hábitat Sustentable, el cual se centra en el análisis del desempeño bioclimático de un edificio patrimonial adaptado para un uso educativo y a partir de esto, compara su desempeño con el uso de un edificio nuevo, destinado a tener el mismo uso, diseñado con criterios de bioclimática y sostenibilidad dentro de la ciudad de Popayán.

El re uso de edificaciones es muy común a nivel mundial, es una alternativa de construcción que (i) contribuye a reducir las emisiones de CO₂ que se entregan en este sector por construcciones nuevas, (ii) mejora y renueva el entorno urbano, (iii) retrasa la expansión urbana hacia zonas perimetrales urbanas, entre otras. El aprovechamiento y adaptación de edificaciones patrimoniales para que alberguen nuevos usos, como oficinas, instituciones gubernamentales o instituciones educativas, es una práctica cada vez más común en todo el planeta, que permite preservar la memoria e identidad de la ciudad. Restaurar, reciclar, adecuar y remodelar constituyen modalidades para intervenir inmuebles históricos, lo mismo que edificar en contextos patrimoniales. En esencia, se trata de construir sobre lo construido (González, 2019)

En Colombia, un claro ejemplo del re uso de edificaciones patrimoniales se encuentra en el centro histórico de la ciudad de Popayán, la cual tiene sus edificaciones patrimoniales funcionando entre instituciones administrativas gubernamentales, instituciones educativas, comercio, entre otros. Un ejemplo del re aprovechamiento de edificaciones patrimoniales para adaptarlo a uso educativos se encuentra en la Universidad del Cauca, la cual cuenta con diversas sedes en toda la ciudad de Popayán. Dentro del sector histórico se encuentran algunas edificaciones

que son declaradas como bienes de Interés Cultural del Ámbito Nacional (BIC) y sus intervenciones a cualquier nivel son reguladas y supervisadas desde el Plan Especial de Manejo y Protección –PEM. Un caso de estudio es la casona perteneciente al señor Jerónimo de Torres Tenorio (hermano de Camilo Torres), construida en 1809, el cual a través del tiempo cambió su uso original y actualmente mantiene un uso institucional educativo, donde funciona la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca.

Este tipo de edificación patrimonial (BIC), fue diseñada originalmente para satisfacer las necesidades de uso específico, como grandes viviendas con caballerizas, en donde la conformación de las familias de la época que residían en estas edificaciones era muy amplia: incluía el núcleo familiar básico (padres e hijos), también albergaban a familiares de primer y segundo grado de consanguinidad, espacios para los esclavos los cuales en ocasiones tenían sus hijos. Lo anterior implicaba usos diversos y jerárquicos dentro de la edificación. También se debe tener en cuenta que las condiciones climáticas de la época eran diferentes a las actuales, que han variado por el cambio climático, y, por tanto, las edificaciones respondían a otras necesidades. Los espacios y volúmenes arquitectónicos conformados para un uso de la edificación residencial funcionaban con las condiciones climáticas de su época, por lo tanto, el reuso adaptativo a institución educativa presenta serios retos a nivel de confort ambiental. Se trata de espacios adaptados a las necesidades sin tener mucho en cuenta un ambiente bioclimático adecuado que permita sacar el mayor provecho de la iluminación y ventilación natural existente. Es importante entonces desde la adaptación, considerar el desempeño bioclimático y la eficiencia energética de las edificaciones.

En el desarrollo de este trabajo de grado, se realizó, entre otras actividades, un trabajo de campo riguroso. A través de este se pudo observar que esta edificación mantiene todas las luminarias encendidas en los salones cuando se tienen clases, o los estudiantes necesitan los

espacios para sus actividades, lo que conlleva a tener un alto consumo energético. Debido al alto consumo energético que se tiene, se hace necesario lograr encontrar estrategias bioclimáticas pasivas y/o activas que permitan un mayor confort a nivel de los usuarios y un óptimo desempeño energético, logrando disminuir la huella de carbono por el funcionamiento de las edificaciones, con estrategias que estén dentro del tipo de intervenciones permitidas dentro del PEMP y se puedan adaptar al uso institucional actual.

Este trabajo de grado en modalidad de profundización toma como referencia el comportamiento térmico y de iluminación interna de dos casos: el primero corresponde a la Facultad de Artes que se ubica dentro de la casona perteneciente al señor Jerónimo de Torres Tenorio, en la cual funciona el departamento de artes plásticas y el departamento de música de la Universidad del Cauca. El segundo caso corresponde al nuevo edificio de aulas que se construyó en el sector de Tulcán, el cual tuvo en cuenta los parámetros mínimos de obligatorio cumplimiento según Resolución 549 de 2015 en relación con el ahorro del agua y la energía en Colombia, dependiendo del clima y del uso de la edificación; Dentro del marco de esta normativa, se encuentran estrategias generales y que derivan otras más específicas y de alto potencial para ser aplicadas en edificios nuevos referenciadas en el gráfico de acuerdo al tipo de clima.

Para los dos casos anteriores se realizaron simulaciones de desempeño térmico e iluminación con modelación 3D, los programas de software utilizados fueron: design builder y Rhinoceros 6.0 con las herramientas de ladybug y honeybee.

Para el edificio de Artes el cual está en funcionamiento, se realizaron encuestas, se tomaron mediciones de temperatura y humedad de algunos espacios y para el edificio de aulas de la Universidad del Cauca, el cual terminó de ser construido y entregado a finales del año 2024, las

simulaciones se realizaron con la ayuda de los planos arquitectónicos, debido a que en la época en que se estaba realizando esta etapa en este proyecto, el edificio estaba en construcción.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA

En el proceso de adaptación de edificios patrimoniales existen limitantes asociadas a la necesidad de garantizar las condiciones de patrimonio. Estas limitaciones podrían afectar el desempeño térmico, lumínico y acústico al interior, de acuerdo con los requerimientos de los nuevos usos. Por tanto, para garantizar condiciones mínimas de habitabilidad, desde el punto de vista térmico, lumínico y acústico, podría ser necesario hacer uso excesivo de recursos energéticos, lo que elevaría los costos de mantenimiento. En caso de que no se haga esto, las personas podrían estar ocupando espacios con condiciones deficientes.

La Universidad del Cauca, tiene para su funcionamiento administrativo y académico, diversos tipos de edificaciones, entre ellas edificaciones (BIC) las cuales fueron construidas para un uso específico, con un entorno y en condiciones climáticas diferentes a las actuales, que hacen que al día de hoy tengan deficiencias en su funcionalidad generando mayor consumo de recursos energéticos. Por tanto, surgen la preguntas: ¿qué tipo de edificio es más conveniente en términos bioclimáticos y de eficiencia energética para la época actual?, ¿una edificación BIC con re-uso en institución educativa? ¿O un edificio nuevo diseñado con parámetros mínimos de estrategias bioclimáticas?

1.2.2. IDEA

Realizar mediciones ambientales que incluyan parámetros como temperatura, humedad, ruido ambiental, velocidad y dirección del viento, e iluminación dentro del interior de la Facultad de Artes y parámetros

Para la edificación BIC se toman mediciones térmicas dentro de aulas y se realizan simulaciones de acuerdo a cómo funciona actualmente y se realizan simulaciones con estrategias propuestas para ver mejoras en el desempeño térmico. Estos dos escenarios dentro de la edificación BIC se comparan con las simulaciones del diseño del nuevo edificio de aulas, lo que permitirá observar el comportamiento de una edificación BIC adaptada con uso institucional educativo vs una edificación nueva que actualmente se está construyendo y fue diseñada implementando estrategias bioclimáticas.

1.2.3. CONTEXTO

Espacio geográfico: Dos sedes de la Universidad del Cauca en Popayán: Casona construida en 1809 donde funciona la facultad de artes (Edificio patrimonial BIC) y el nuevo edificio de aulas que se terminó de construir en sede Tulcán en el 2024.

Descripción de los individuos o grupos: Hombres y mujeres entre los 16 años y 30 años estudiantes de pregrado y funcionarios administrativos de la Universidad.

Descripción de las condiciones: Ambiental y Patrimonial: condiciones climáticas dentro de edificación BIC y condiciones climáticas simuladas dentro de edificación nueva.

Descripción de posibles consecuencias: Consumo energético muy alto, Mantenimiento constante en edificación BIC que conlleva presupuestos elevados sin solución definitiva, Posible afectación de salud de los usuarios

Descripción de posibles resultados: Lograr establecer estrategias bioclimáticas pasivas para mejorar el desempeño térmico y la calidad del ambiente en el edificio BIC, Determinar

estrategias que ayuden a disminuir el impacto energético. Lograr alguna intervención simulada que mejore el desempeño térmico del edificio de aulas que se construyó actualmente.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar el desempeño bioclimático de aulas universitarias localizadas dentro de una edificación patrimonial BIC adaptada, con el diseño de aulas dentro de edificación nueva concebidas con criterios bioclimáticos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Diagnosticar el desempeño bioclimático de aulas localizadas en edificaciones patrimoniales adaptadas a través de mediciones, encuestas y simulaciones computacionales.

Evaluar, a través de simulación computacional, alternativas de optimización bioclimática de aulas localizadas en edificaciones patrimoniales adaptadas.

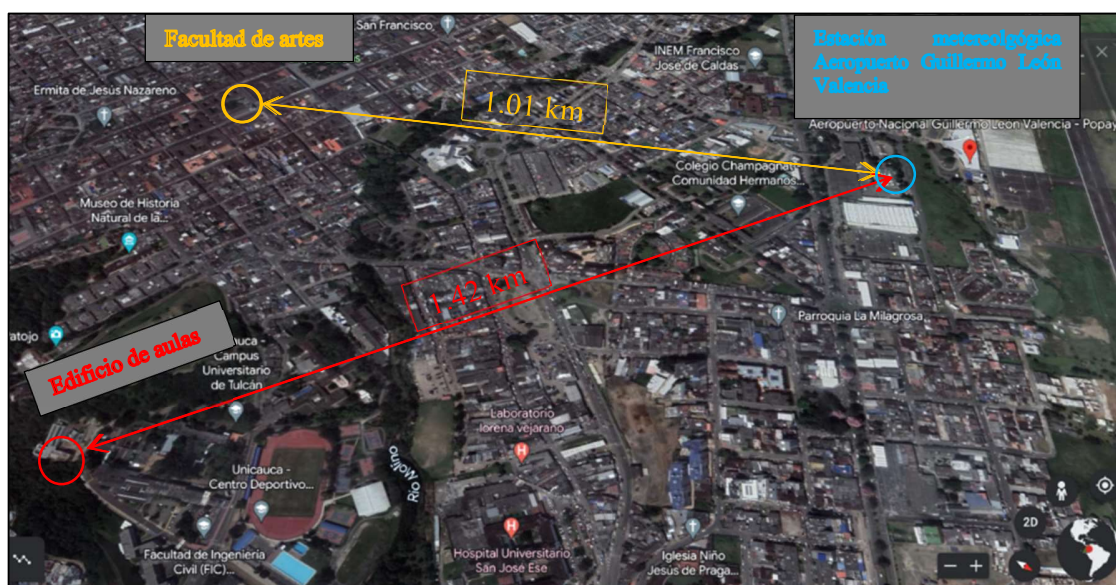
Contrastar los resultados de simulación computacionales de desempeño térmico y lumínico en diseño de aulas de una institución educativa concebida con criterios bioclimáticos con los resultados de simulaciones de desempeño térmico y lumínico de aulas en edificaciones patrimoniales adaptadas.

2. CAPITULO - CLIMATOLOGÍA DE POPAYÁN

Los datos meteorológicos utilizados para las simulaciones del presente trabajo, corresponden a la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto Guillermo León Valencia, ubicada a 1.01 Km de distancia a la edificación patrimonial BIC donde funciona la facultad de artes y a 1.42 km de distancia a donde se construye el edificio de aulas en el sector Tulcán.

Figura 1

Localización casos de estudio vs estación climática



Nota: Imagen donde se observa la distancia que hay entre la ubicación de los casos de estudio y la ubicación de la estación climática. Fuente: Google Earth. Autor: Propia

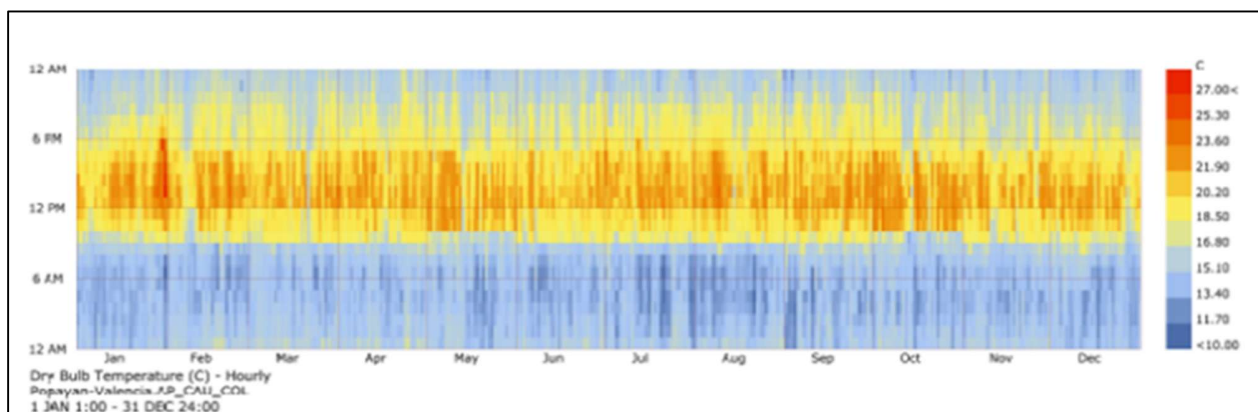
2.1. TEMPERATURA.

Dentro del contexto bioclimático, la temperatura se puede representar con un gráfico de temperaturas de bulbo seco, el cual muestra la variación diaria y estacional de temperatura ambiente, lo cual es crucial para determinar estrategias pasivas de diseño en edificaciones.

En la gráfica existe una escala de colores que representan la temperatura en grados Centígrados, donde los tonos azules representan temperaturas bajas y los tonos amarillos representan temperaturas cálidas y los tonos naranjas y rojos representan temperaturas más altas.

Figura 2

Gráfico de temperatura del aire



Nota: Gráfico de temperatura del aire en la ciudad de Popayán. Fuente: simulación en el software RHRINOCEROS 6.0 obtenido con archivo climático epw de la estación del Aeropuerto Guillermo León Valencia de la plataforma CLIMATE ONEBUILDING. Autor: Propia

La temperatura en horas de la noche y madrugada es menor, con un promedio de 13°C y con picos puntuales en horas de la madrugada que bajan hasta 11.7°C aprox. Registrándose especialmente en los meses de julio, agosto y diciembre.

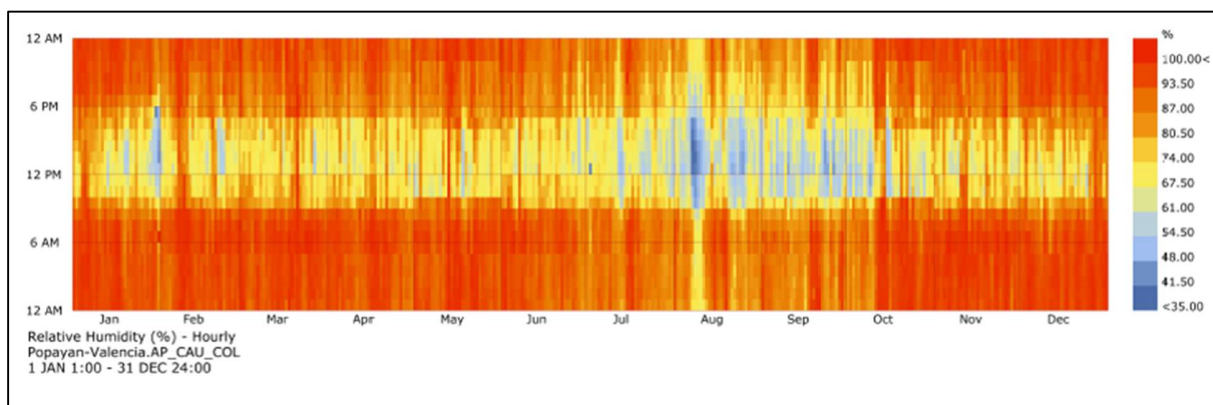
A partir de las 10:00 am se inicia a presentar aumento significativo en la temperatura con un rango desde los 18°C hasta registrarse 24°C aproximadamente, con registros muy poco frecuentes de picos superiores a 27°C.

2.2. HUMEDAD RELATIVA.

El gráfico utilizado es un diagrama, que representa la humedad relativa porcentual hora por hora durante un año y ayuda a visualizar cómo varía la humedad relativa en una ubicación específica a lo largo del tiempo, lo cual es muy útil para estudios climáticos y de confort térmico en edificaciones, los colores representan diferentes rangos de humedad relativa expresada en porcentaje (%), los tonos azules representan humedad relativa baja (menos de 35%) hasta rojo (humedad alta, hasta más del 100%).

Figura 3

Gráfico de humedad relativa



Nota: Gráfico de humedad relativa en la ciudad de Popayán. Fuente: simulación en el software RHRINOCEROS 6.0 obtenido con archivo climático epw de la estación del aeropuerto Guillermo León Valencia de la plataforma CLIMATE ONEBUILDING. Autor: Propia

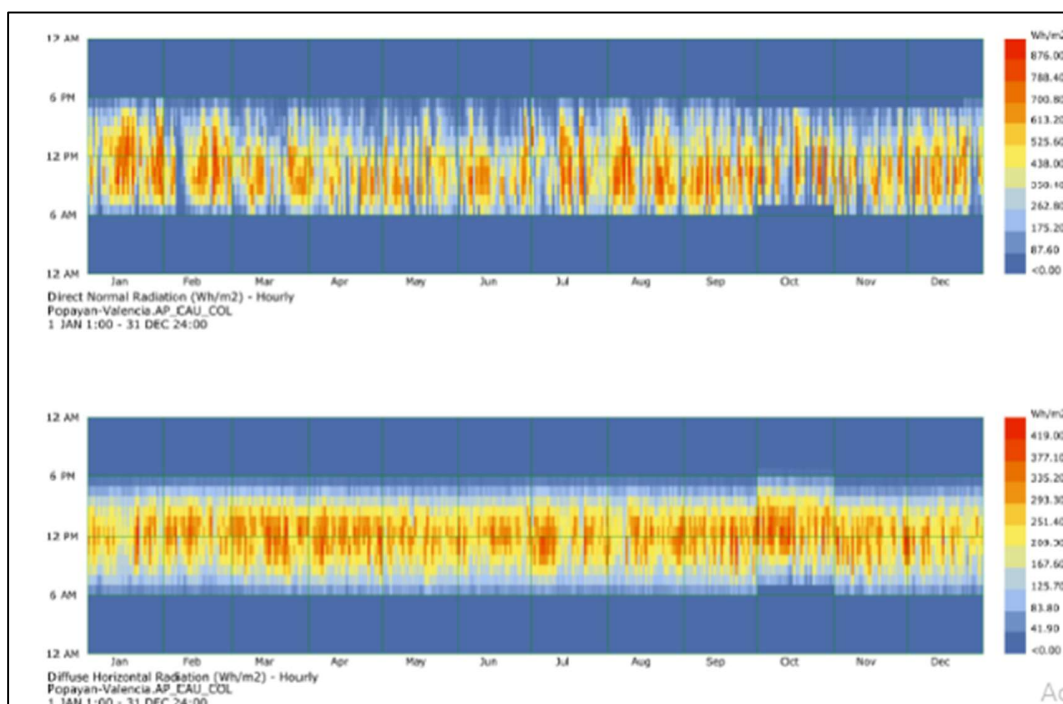
La gráfica registra un alto porcentaje de humedad en el ambiente, registrándose un rango entre 80% y 100% especialmente en horas de la noche y madrugada. La humedad baja en el transcurso del día, entre las 11:00 am y las 5:00 pm con un registro entre 67% y 74%.

Se registran también rangos de humedad baja con registros puntuales menores a un 50%, entre las 11:00 am y las 3:00 pm en los meses de julio a Octubre. Agosto es donde se registra la menor humedad en el ambiente, coincidiendo con los vientos.

2.3. RADIACIÓN.

Figura 4

Gráfico de radiación



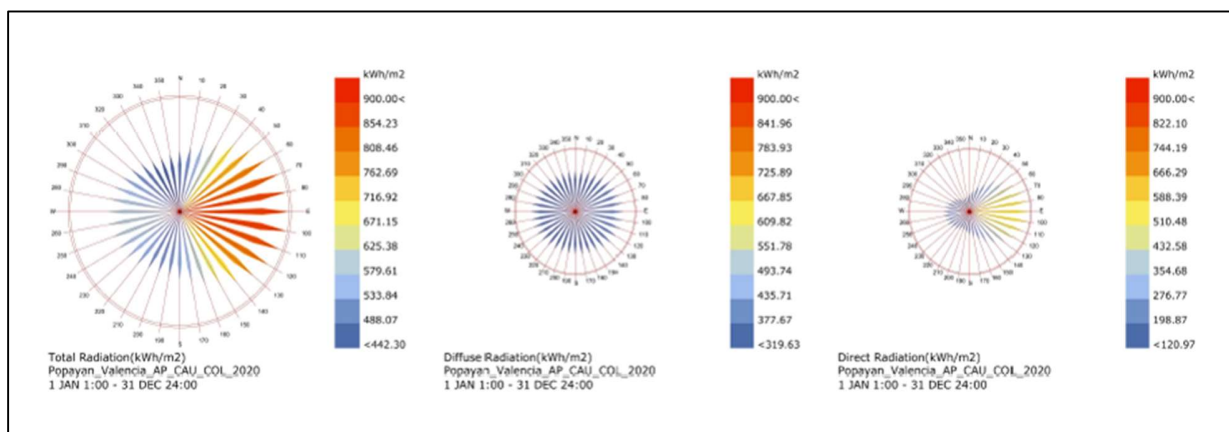
Nota: Grafico de radiación en la ciudad de Popayán. Fuente: simulación en el software RHRINOCEROS 6.0 obtenido con archivo climático epw de la estación del aeropuerto Guillermo León Valencia de la plataforma CLIMATE ONEBUILDING. Autor: Propia

El Cielo es bastante nublado, por lo que los registros de la radiación directa no son constantes, pero si se registran en todos los meses del año, con variaciones entre los 438 Wh/m² y los 700.80 Wh/h aproximadamente.

En cuanto a la radiación difusa se registran mediciones que van desde los 2030.50 Wh/m² a los 377.10 Wh/m², con registros a medio día llegando hasta los 419Wh/m².

Figura 5

Gráficos climáticos de Radiación total, difusa y directa



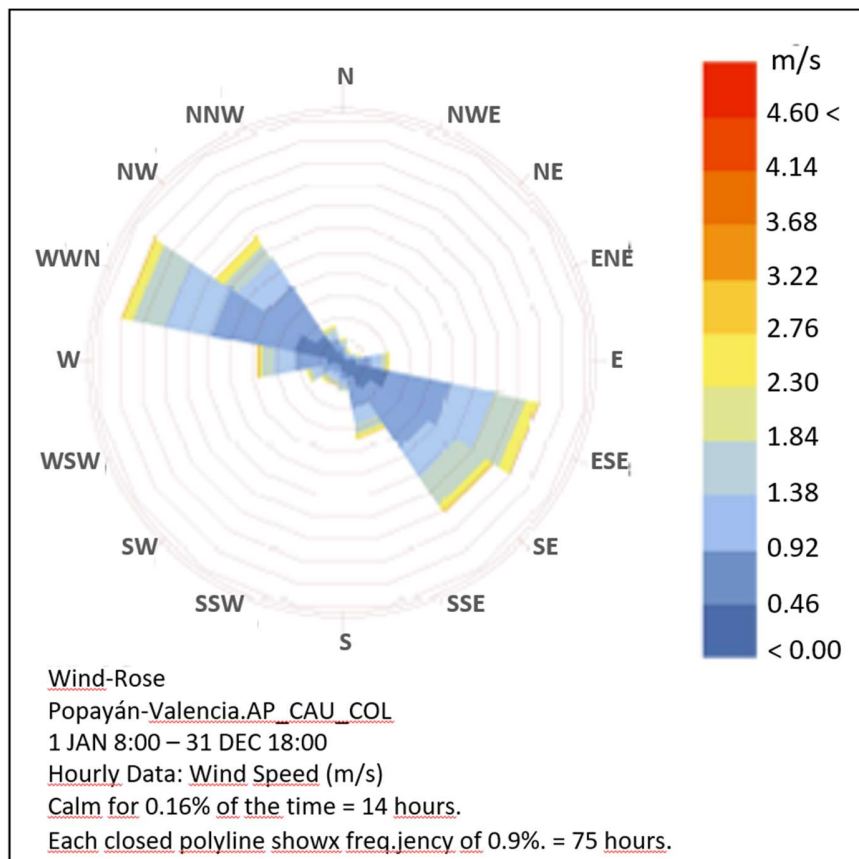
Nota: Gráficos climáticos de Radiación total, difusa y directa en la ciudad de Popayán Fuente: Archivo climático epw de la estación climática del aeropuerto Guillermo León Valencia -Software RHRINOCEROS -LADYBUG. Autor: Propia

2.4. VIENTOS.

La dirección de los vientos en la ciudad, llegan en dos direcciones muy predominantes desde el este-sureste (ESSE-SE) y desde el Oeste-noroeste con velocidades desde 0.46 m/s a los 2.30 m/s.

Figura 6

Gráfico Rosa de los vientos

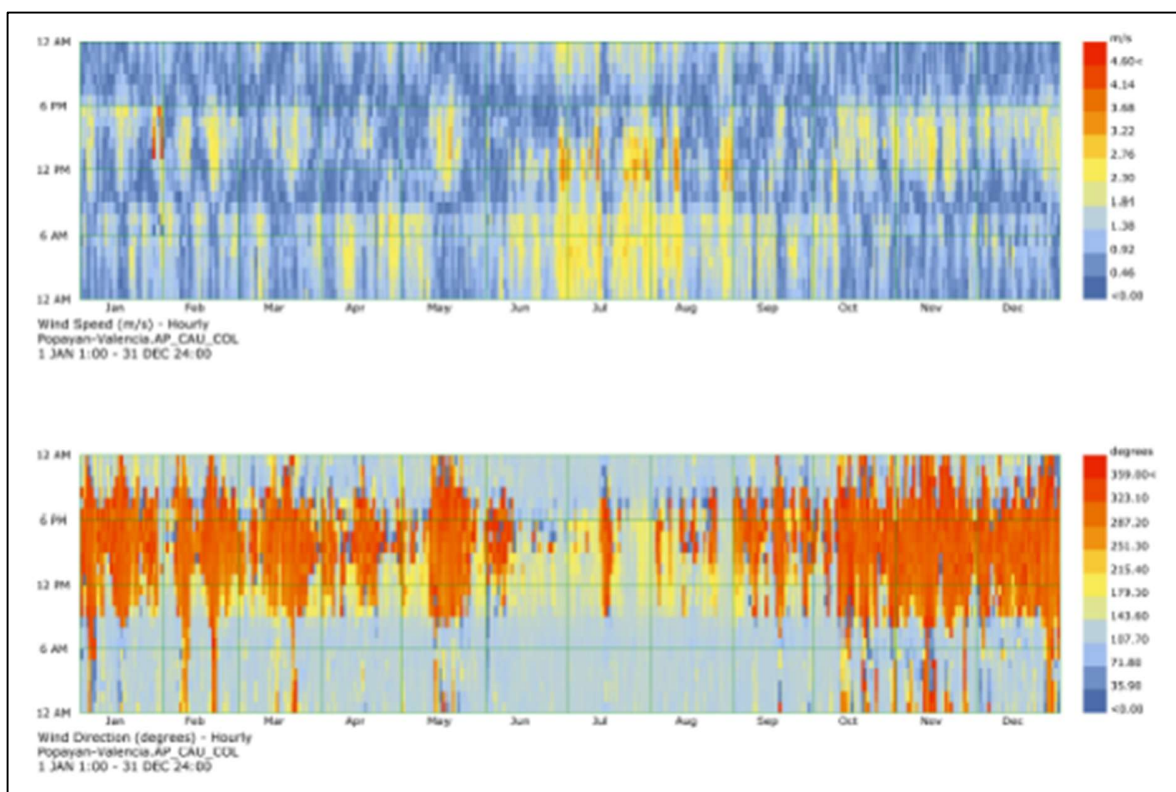


Nota: Gráficos climáticos de Radiación total, difusa y directa en la ciudad de Popayán Fuente:
 Archivo climático epw de la estación climática del aeropuerto Guillermo León Valencia -
 Software RHRINOCEROS -LADYBUG. Autor: Propia.

Figura 7

Gráfico de vientos

En la siguiente gráfica se pueden observar que hay diferencias en la dirección del viento según la hora del día. Aproximadamente entre las 10:00 am a 10:00 pm predominan los vientos del noroeste, y en la madrugada predominan los vientos del este.

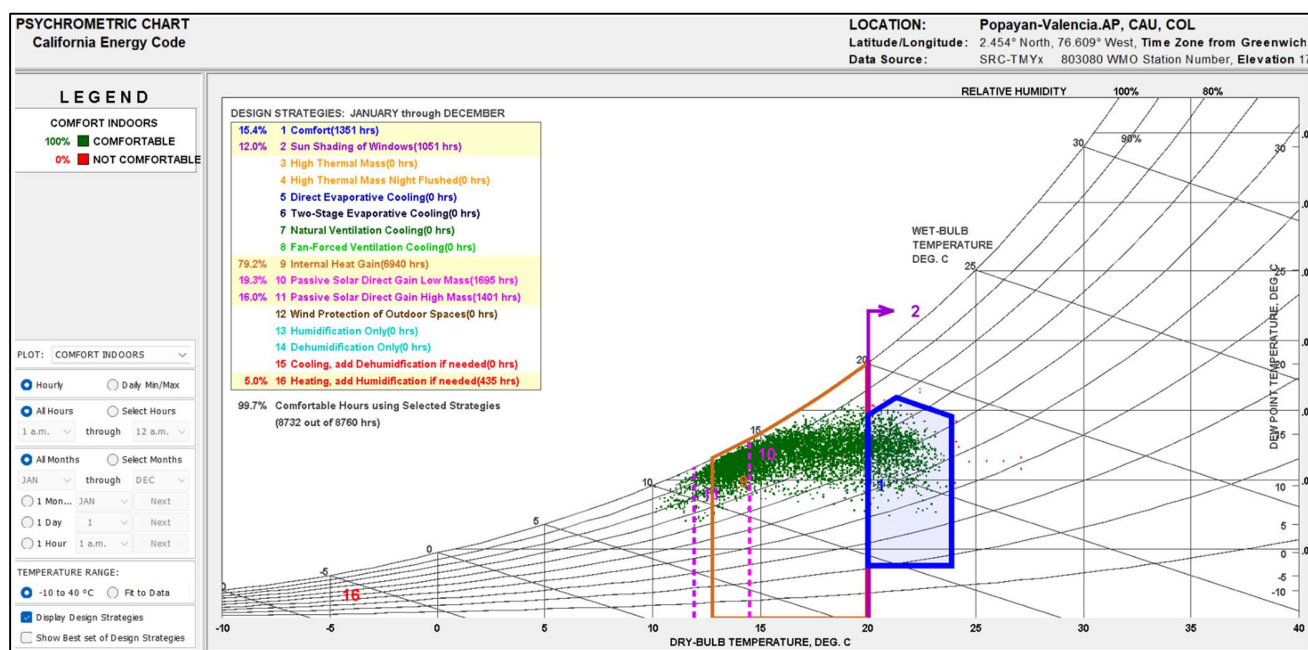


Nota: Comportamiento predominante de los vientos en la ciudad de Popayán Fuente: Archivo climático epw de la estación climática del aeropuerto Guillermo León Valencia -Software RHRINOCEROS -LADYBUG. Autor: Propia

2.5. CARTA PSICOMETRICA

Figura 8

Carta psicométrica de confort



Nota: Zona de confort, delimitadas por rangos de temperatura y humedad relativa de la ciudad de Popayán Fuente: Archivo climático EPW de la estación climática del aeropuerto Guillermo León Valencia, descargada de CLIMATE CONSULTANT -Software CLIMATE CONSULTANT 6.0.
Autor: Propia

En la gráfica están representados por puntos verdes: 8.760 horas de acuerdo a los datos del archivo climático EPW, la zona de confort está ubicada entre 20°C a 25°C respecto a la temperatura y entre un 40% y 60% de humedad relativa. Dentro de esta zona solo un 15,4% de horas (1.351 hr), están sin ningún tipo de estrategia, y pueden aumentar el número de horas en esta zona de confort a un 71% aplicando estrategias pasivas.

3. CAPITULO – MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

Las instituciones educativas, como las universidades, son los espacios donde los jóvenes en formación profesional pasan la mayor parte de su tiempo durante sus estudios. Por ello, su infraestructura física debe garantizar calidad y comodidad para todos los usuarios, independientemente de su edad, aunque las necesidades específicas varían según el grupo. Según Pacheco (2021), la calidad de estos espacios influye directamente en la motivación, el rendimiento académico y la salud física y emocional de los estudiantes

3.1. EDIFICIOS PATRIMONIALES EN POPAYÁN

3.1.1. HISTORIA-LA ARQUITECTURA COLONIAL

Antes de la llegada de los españoles, la cultura muisca que dominaba gran parte del territorio de la región andina, su estructura social se basaba alrededor de centros principales (cacicazgo), sus construcciones eran en materiales perecederos, por lo que utilizaban materiales propios y cercanos a su región. De acuerdo a historiadores, las viviendas eran en bohío con cubierta de paja y paredes en bahareque, organizados en pequeños núcleos (Gama, 2007).

Figura 9*Organización de la vivienda de los muisca*

Nota: La figura muestra la Organización de la vivienda de los muisca Fuente: Pueblos originarios-Culturas Autores: <https://pueblosoriginarios.com/sur/caribe/muisca/muisca.html>

Este tipo de construcciones, estaban adaptados al clima tropical característico de nuestro país y de la región. Con la llegada de los españoles y durante el periodo de la Colonia, las técnicas indígenas se adecuan a las innovaciones tecnológicas introducidas (Gama, 2007).

De acuerdo a la investigación recolectada por Alberto Saldarriaga Roa, en general se conoce que las construcciones para habitar fueron hechas en guadua o madera rolliza, algunas veces recubiertas con barro y techadas en paja o palma.

Cuando llegaron los españoles al territorio colombiano, se inició un nuevo periodo, al que conocemos como periodo colonial, el cual comprende desde la ocupación española hasta 1819.

Las nuevas tradiciones y formas de vivir en las ciudades traídas de los españoles, introdujeron nuevas formas de habitar, se iniciaron nuevos tipos de arquitectura que han perdurado

hasta la actualidad. Se iniciaron a conformar trazos urbanos como cuadrículas que conllevaron a la trama de manzanas con calles y con un espacio central como plaza mayor. A este urbanismo fueron uniéndose construcciones religiosas, civil, militar y viviendas. En estas edificaciones se plantean diferentes tipos de patios (central o lateral), los cuales son articuladores con otras construcciones entre ellas, conventos, iglesias, y edificaciones civiles.

Las técnicas constructivas que estaban antes de la llegada de los españoles, se fueron mezclando con las nuevas técnicas constructivas: mampostería en adobe, ladrillo y piedra, estructuras en madera para las cubiertas en teja de barro.

Figura 10

Patio en vivienda Colonial



Nota: La figura muestra el patio de la casa museo Mosquera-Popayán (2015). Fuente: página web Universidad del Cauca. Autores: <https://www.unicauca.edu.co/versionP/conozca-unicauca/planta-fisica-y-sedes>

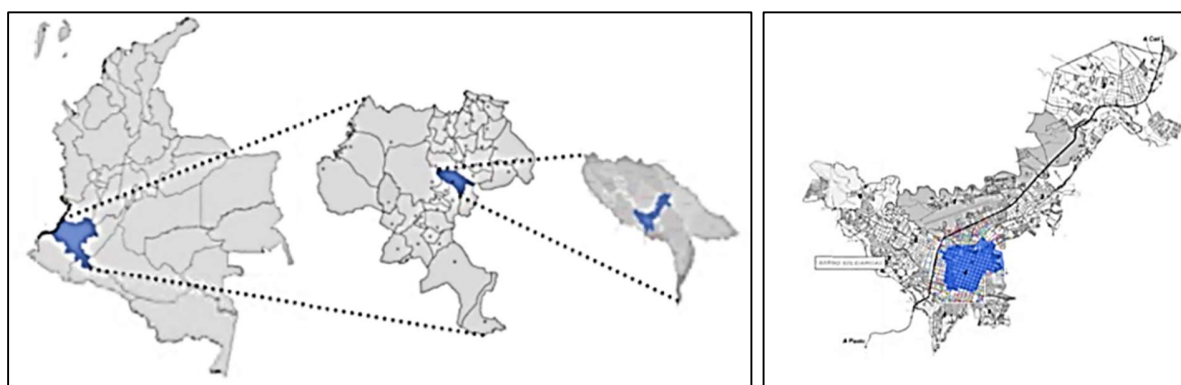
3.1.2. LA ARQUITECTURA DE POPAYAN

La ciudad de Popayán, ubicada en el sur occidente de Colombia, tal como se aprecia en la figura 11, fue fundada por Sebastián de Belalcázar el 13 de enero de 1537 y personas cercanas al fundador fueron quienes gobernaron a Popayán hasta 1940 y se encargaron de señalar los solares donde se debían construir sus viviendas que hasta entonces ocupaban las chozas de los pubenses.

3.1.3. LOCALIZACIÓN DEL CENTRO HISTORICO DE POPAYÁN

Figura 11

Ubicación del Municipio de Popayán



País Colombia Departamento del Cauca Municipio Popayán Sector Histórico de Popayán

Nota: La figura muestra la ubicación geográfica del departamento del Cauca en Colombia, señalando específicamente el municipio de Popayán y el sector Histórico dentro de este. Fuente: Ilustraciones de adecuación funcional de la arquitectura doméstica tradicional del valor patrimonial para la reactivación del uso de vivienda en el sector histórico de Popayán. Autor: María Alejandra Echeverry vallejo (2016).

En 1540 se instauró el sistema político español, es decir aparecieron los regidores del cabildo, alcaldes, alguaciles y una participación importante y permanente de la iglesia; después de 1550 se iniciaron a formar las haciendas de ganado en Popayán y sus alrededores, el sometimiento

a más comunidades indígenas, instauración de sociedad colonial basada en la explotación del oro, lo cual trajo un gran poder económico y político para la región y para las familias establecidas.

Este auge comercial y minero y la llegada de familias españolas de linaje convirtieron a Popayán en una ciudad importante en el virreinato de la Nueva Granada. En la región vivían los dueños de las minas de oro de Barbacoas y Choco, quienes crearon haciendas, construyeron grandes casonas y construyeron en la ciudad grandes templos con imágenes traídas de España.

El centro histórico de Popayán es considerado uno de los más bellos y mejores conservados de Colombia y América Latina, tal como se puede observar en la figura 12. Se ha logrado conservar la armonía de su carácter colonial durante más de cuatro siglos.

Figura 12

Sector histórico de Popayán



Nota: foto de una vía dentro del sector Histórico de Popayán. Fuente Imágenes de archivo periódico El Tiempo. Autor: Desconocido (2014)

Todavía se encuentran en el sector histórico de la ciudad, casonas las cuales conservan gran parte de su arquitectura original y hoy en día han sido rehabilitadas después de los grandes sismos

que ocurrieron en 1736 y 1983 que afectaron el centro histórico y en su mayoría fueron acondicionadas para diferentes usos.

A partir de los terremotos que sacudieron la ciudad y los cuales afectaron gravemente las edificaciones del centro histórico, tal como se aprecia en la figura 13, quedando construcciones en abandono o deterioradas, construcciones que se destruyeron teniendo que ser retirados los escombros, quedando lotes sin construir, y los gobernantes de turno, en su necesidad de conservar, iniciaron a establecer normas para que se conservara el patrimonio arquitectónico del sector Antiguo de Popayán, las cuales se han ido actualizando acorde a los avances en la legislación sobre protección del patrimonio inmueble y del desarrollo urbano nacional, dentro de las cuales se mencionan las siguientes:

Figura 13

Centro histórico de Popayán después del terremoto



Nota: destrucción de viviendas en una vía dentro del sector Histórico de Popayán después del terremoto (1983). Fuente Ilustraciones de adecuación funcional de la arquitectura doméstica tradicional del valor patrimonial para la reactivación del uso de vivienda en el sector histórico de Popayán. Autor: Luis Eduardo Solarte (1983)

4. PRESENTACIÓN ESTUDIO DE CASO DE EDIFICIO PATRIMONIAL

4.1. CASO DE ESTUDIO 1 - FACULTAD DE ARTES

4.1.1. HISTORIA.

La facultad de artes de la Universidad del Cauca, se encuentra ubicada actualmente en la casona localizada en la esquina de la carrera 6 con calle 3, frente al Banco de la República, tal como se observa en la figura 19.

Originalmente fue construida y fue atribuida al arquitecto payanés Pbro. Marcelino Pérez de Arroyo en 1809, perteneció a Jerónimo de Torres Tenorio hermano de Camilo Torres quien era un rico minero, terrateniente y estanciero. A mediados del siglo XIX sus nuevos dueños la dividieron en tres casas diferentes: la Casa Angulo (es donde se encuentra el patio principal), la casa Arboleda (parte posterior) y la casa Llanos (ubicado en un lateral)

La Universidad del Cauca fue adquiriendo paulatinamente estas casas, primero fue la casa Angulo en 1973, posteriormente adquirió la casa Arboleda y por último la casa Llanos. Estas casonas fueron restauradas en 1985 después del fuerte sismo que sacudió a la ciudad en 1983 (Universidad del Cauca, s.f.)

Figura 14

Facultad de artes



Nota: Vista de la fachada principal de la Facultad de artes -Unicauca- Popayán Colombia Autor: Propia

Su tipología contiene en total 4 patios empedrados de tipo claustros rodeados de columnas, tal como se observa en la figura 20 y 21, toscanas de ladrillo en ambos niveles en la explanada principal, 1 patio construido después del terremoto de 1983, no todos los patios están rodeados de columnas toscanas de ladrillo, también se encuentran postes de madera los que bordean en las otras estancias, conservándose hasta el día de hoy, los antiguos chorros y pilas que fueron fabricadas para embellecer la casa, siendo alimentadas por un acueducto privado, lo que denota el poder adquisitivo de la familia Torres Tenorio.

Figura 15

Planta primer piso de la Facultad de Artes



Nota: Planta de primer piso de Facultad de artes, donde se ven todos los patios-Unicauca-Popayán Colombia. Autor: Propia

Se diferencian cuales áreas fueron construidas después del terremoto de 1983 como es el patio 3, parte del patio 4 y el patio 5, donde los muros son de ladrillo con un espesor de 0.15 cms y no en tapia pizada con espesores de más de 60, lo cual diferencia la parte histórica de la edificación, pero por hacer parte de una edificación BIC y estar dentro del sector histórico rigen las mismas normas de conservación e intervención.

Figura 16*Vistas patios internos*

Nota: (izquierda arriba) patio principal, (derecha arriba) patio 4, (izquierda abajo) patio 3, (derecha abajo) patio 2 de la facultad de Artes-Unicauca. Autor: Propia

4.1.1.1. PROPIEDADES TERMICAS DE LOS MATERIALES.

En este capítulo, se tratará sobre el comportamiento térmico de los materiales que conforman la solución constructiva en que están contruidos de los dos casos de estudio.

La facultad de artes, a través del tiempo, ha tenido algunas modificaciones y mejoras, las aulas que se tomaron de estudio para los análisis, forman parte de la parte antigua de la edificación, lo que significa que tiene un sistema constructivo en muros de tapia pizada, que significa tierra compactada a manera de grandes bloques, con un acabado con un revestimiento de mortero y cal, semejando estéticamente a un adobe.

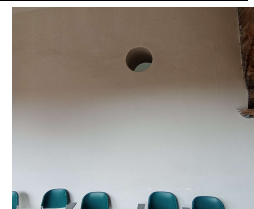
La tabla 3, en el sistema constructivo de tapia pizada, presenta los muros de la zona antigua del edificio patrimonial, que se caracterizan por su gran espesor, superior a los 50 cms aproximadamente.

A continuación, se muestran las propiedades térmicas de muros, cubiertas y ventanas de esta edificación:

Tabla 1

Propiedades térmicas tapia pizada

EDIFICIO PATRIMONIAL FACULTAD DE ARTES-UNICAUCA						
SISTEMA CONSTRUCTIVO:						
MUROS EXTERIORES E INTERIORES: TAPIA PIZADA						
MATERIAL	ESPEJOR / mt	DENSIDAD APARENTE Kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA W (m/k)	CAPACIDAD CALORÍFICA J/(Kg deg)	MASA TÉRMICA (kg/m ²)	RESISTENCIA TERMICA m ² .K/W
Tierra compactada / tierra muro portante	0,5	2000	0,85	900		0,59
Revoque de cal (mortero de cal-arena)	0,02	1500	0,78	840	859	0,03
Transmitancia térmica		VALOR U: W/M ² . K			1,63	



Nota: Propiedades térmicas del sistema constructivo de tapia pizada Fuente: Información adaptado de “Características térmicas de los materiales Arquitectura Eficiente” por Arquitectura Eficiente. 2014 y tabla de conductividad térmica de materiales de construcción (Builder.techinfus.com.es (S.Bestraten, E. Hormías, & A. Altermir, 2010) Autor: Propia.

Los materiales que componen el sistema, tienen una conductividad térmica con valores menores a 1.0, lo que significa que son aislantes térmicos medio, lo que implica que para el clima templado de la ciudad ayuda a estabilizar temperaturas interiores, ya que actualmente la temperatura de la ciudad de Popayán ha subido en el día, y el interior de este edificio se mantiene fresco, pero contrasta con las épocas de invierno o cuando hay bajas de temperatura, ya que en

durante el día el muro retarda el paso del calor, creando un ambiente de sensación de frío al interior de las aulas de clases.

La transmitancia térmica (U) con un espesor de 50 cms, es de aproximadamente $1.63 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, para este valor representa la cantidad de calor que atraviesa el muro por unidad de área y tiempo. tiene una transmitancia térmica baja, lo que se traduce en un mejor aislamiento térmico. Esto contribuye a mantener temperaturas internas más estables: en verano, reduce la entrada de calor, proporcionando un ambiente más fresco; y en invierno o durante las noches frías, reduce la pérdida de calor al interior, hay que tener en cuenta, que el clima de Popayán, presenta humedad relativa alta mayor a 80%, por lo que el interior de los espacios se siente fríos, minimiza la pérdida de calor hacia el exterior.

La tabla 4, describe los materiales que conforman la cubierta de la facultad de artes, cómo están contruidos y cuál es el comportamiento térmico que tienen estos.

La teja de barro por tener componentes de arcilla, tiene un valor moderado de conductividad térmica, es decir permite la transferencia de calor, pero a una velocidad intermedia. Por ello, este material juega un papel importante en la regulación del paso del calor a través de la cubierta, logrando un equilibrio adecuado frente a proteger de la transferencia térmica excesiva y permitir la evacuación del calor que se acumula; En cuanto a la capacidad térmica, la teja de barro tiene un valor moderado, es decir, aísla naturalmente un espacio ya que retiene calor en el invierno y se mantiene fresco en verano.

Tabla 2*Propiedades térmicas Cubierta*

EDIFICIO PATRIMONIAL FACULTAD DE ARTES-UNICAUCA					
SISTEMA CONSTRUCTIVO					
TEJA DE BARRO Y MADERA					
MATERIAL	ESPESOR / mt	DENSIDAD APARENTE Kg/m ³	CONDUCTIVIDA D TERMICA W (m/k)	CAPACIDAD TERMICA J/(Kg deg)	RESISTENCIA TÉRMICA m ² .K/W
Teja de barro	0,015	1950	0,9	1000	0,019
Teja colonial de fibrocemento (Teja decorativa Española)	0.006	1900	0,34	837	0,01
Madera pesada tipo estructural		700	0,2	1250	0,31
Cámara de aire	1,2	1,223	0,026	1063	0,16
Revoque de cal (mortero de cal- arena)	0,02	1500	0,78	840	0,023
Transmitancia térmica VALOR U: W/M ² .K				1,92	



Nota: Tabla de propiedades térmicas del sistema constructivo de cubierta de teja de barro, con valores de diferentes fuentes Fuente: (Chávez Galán, 2009), Autor: Propia.

La teja de fibrocemento, como material, tiene un valor aproximado de conductividad térmica moderada cercana a 0.34 W/m. K, lo que indica que tiene cierta capacidad para disminuir la transferencia de calor hacia el interior, en cuanto a la capacidad térmica tiene un valor de 837

J/Kg. °C, el cual es un valor intermedio-alto, y almacena cantidad de energía térmica; En cuanto al material de madera estructural, tiene baja conductividad térmica.

La tabla 5, resume las propiedades térmicas del sistema constructivo del tipo de ventanas que se encuentran en el edificio, que se compone de madera y vidrio. La madera es un material de buen aislamiento térmico, el vidrio no, en cuanto a la capacidad calórica, la madera puede almacenar más calor y necesita más energía para subir su temperatura, por el contrario, el vidrio se calienta y se enfría más rápidamente que la madera, porque almacena menos calor.

Tabla 3

Propiedades térmicas ventana en madera

EDIFICIO PATRIMONIAL FACULTAD DE ARTES-UNICAUCA					
SISTEMA CONSTRUCTIVO:					
VENTANA EN MADERA CON VIDRIO 4mm					
MATERIAL	ESPESOR / mt	DENSIDAD APARENTE Kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA W (m/k)	CAPACIDAD CALORÍFICA J/(Kg deg)	RESISTENCIA TERMICA m ² .K/W
Madera cedro	0,02	700	0,13	1400	0,14
Vidrio transparente 4mm	0,004	2500	1,05	840	0,17
Transmitancia térmica VALOR U: W/M ² . K				3,23	
SHGC (Coeficiente de Ganancia solar)				0,88	



Nota: Propiedades térmicas del sistema constructivo de ventana en con marco en madera y vidrio

transparente. Fuente: (al, 2022), (Vitalba, s.f.) Autor: Propia

El valor de la transmitancia del conjunto del sistema de constructivo de ventana en madera, que existe en el edificio, tiene un valor U de 3.23 W/ m² K, lo que indica que al tener en los marcos un material como la madera, este sistema tiene un aislamiento térmico moderado.

4.1.2. *NORMATIVAS PARA EDIFICACIONES BIC*

Para este trabajo se debieron tener en cuenta las normas vigentes para la fecha del trabajo de investigación, que existen a nivel de construcción sostenible y debido a que uno de los casos a estudiar es una edificación tipo BIC, estos son cobijados con normas especiales para garantizar su conservación.

4.1.2.1. RESOLUCION 0194 DE 2015.

Esta resolución fue publicada entre abril y septiembre de 2025, y reemplaza a la resolución 0549 de 2015, expedida por el ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio. Esta nueva resolución define parámetros y lineamientos de construcción sostenible con un enfoque ampliado y actualizado para el ahorro de agua y energía en edificaciones nuevas, tanto públicas como privadas, con una regulación técnica, incluyendo mayores exigencias, nuevos datos y herramientas para un mejor control, adaptándose a las necesidades actuales en la construcción sostenible en Colombia. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2025)

4.1.2.2. RESOLUCION 0549 DE 2015.

El ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, emitió la Resolución 0549 del mayo 20 de 2015, para establecer parámetros y lineamientos de construcción sostenible, adoptando la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones nuevas (Resolución 0549, 2015). Esta

norma fue vigente al inicio de la presente tesis, sirviendo como referencia principal para el análisis inicial, aunque posteriormente fue sustituida por la Resolución 0194 de 2025, cuya actualización no aplica al desarrollo de este estudio debido a su implementación posterior.

El anexo 1. Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, hace parte integral de la Resolución 0549, donde se establecen algunos parámetros mínimos de obligatorio cumplimiento dependiendo del clima y del uso de la edificación, como se puede observar en la tabla 1, se encuentra la clasificación climática y en la figura 1, las estrategias pasivas de acuerdo a cada clima.

Tabla 4

Clasificación climática de acuerdo a resolución 0549 de 2015

<i>Tipo de Clima</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Altitud (msnm)</i>	<i>Ciudad representativa</i>
<i>Frío</i>	<i>12°C – 18°C</i>	<i>2000 m – 2999 m</i>	<i>Bogotá (2625m)</i>
<i>Templado</i>	<i>18°C – 24°C</i>	<i>1000 m – 1999 m</i>	<i>Medellín (1495m)</i>
<i>Cálido seco</i>	<i>>24°C; HR<75%</i>	<i>< 1000m</i>	<i>Cali (997m)</i>
<i>Cálido húmedo</i>	<i>>24°C; HR>75%</i>	<i>< 1000m</i>	<i>Barranquilla (18m)</i>

Nota: Datos tomados del Anexo 1 de Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2015)

En el anexo 1- guía de construcción sostenible, se implementa de acuerdo al tipo de clima técnicas y estrategias pasivas y son divididas en tres grupos principales:

Iluminación, envolvente y Ventilación

Figura 17

Objetivos de diseño por clima

Tipo de clima	Objetivos
FRIO	<ul style="list-style-type: none"> Maximizar los efectos de calentamiento de la radiación solar, ej. orientación solar para calentamiento; Reducir el impacto del viento imperante; y Reducir los volúmenes de orientación este-oeste para aumentar la radiación solar.
TEMPLADO	<ul style="list-style-type: none"> Maximizar los efectos de calentamiento del sol en las áreas de vivienda principales; Maximizar la sombra en las alcobas y las zonas de cocina; y Controlar el impacto del viento para permitir la circulación del aire en los periodos calientes del día.
CÁLIDO SECO	<ul style="list-style-type: none"> El edificio debe volverse un buen disipador de calor Maximizar la sombra
CÁLIDO HÚMEDO	<ul style="list-style-type: none"> Maximizar la sombra, ej. reducir fachada en orientación oeste Aumentar el flujo del viento usando ventilación amontonada y cruzada, Estrategias de zonificación, ej. ubicación de las habitaciones según el viento.

Nota: Imagen de objetivos de diseño de acuerdo al tipo de clima. Fuente: datos tomados del Anexo 1 de Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía. Autor: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (2015)

Dentro de las medidas de estrategias pasivas, se recomiendan:

Relación ventana pared

Protección solar: Elementos de protección solar y vidrios de control solar

Vidrios de protección solar

4.1.2.3. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4595-

El presente estudio se basa en el Marco Normativo NTC 4595 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015, 20 de Mayo) de Ingeniería Civil y Arquitectura, Planeamiento y diseño de Instalaciones y ambientes Escolares, vigente durante la fase de desarrollo de este trabajo de grado. Dado que no existe un marco normativo específico para instalaciones de formación profesional o técnica, se adopta esta norma como referencia principal para las disposiciones aplicables a espacios educativos.

De acuerdo a la norma NTC 4595, las instalaciones escolares se clasifican en ambientes pedagógicos básicos y complementarios; dentro de los ambientes básicos, para este proyecto, se citarán las ideas principales de 3 tipos de ambientes (ambiente A, C y F).

Ambiente A: son espacios para trabajo individual, en pequeños grupos, “cara a cara” (2 a 6 personas) y en grupos hasta de 50 personas, tanto “cara a cara” como en disposición frontal., no requieren instalaciones técnicas complejas y pueden exhibir o almacenar materiales de forma limitada. (NTC 4595, 2015, pag 12).

Dentro de este ambiente, se encuentran las aulas de clase y se toma el rango de Básica y media que son jóvenes hasta los 16 años, en donde se especifica que el área por aula, es de máx. 40 estudiantes por aula, teniendo un área de 1,65 a 1,80 m²/ estudiante.

Ambiente C: son lugares donde se desarrolla el trabajo individual y en pequeños grupos “cara a cara” con empleo intensivo de equipos e instalaciones, como son los laboratorios de ciencias, aulas de tecnología, innovación y multimedia, las aulas TIC y los talleres de artes plásticas.

Dentro de este ambiente, se encuentra la tabla 5. Áreas mínimas para los ambientes C,

donde determina que para las aulas TIC (salón de terminales digitales” el área por estudiante es de 2.2 m²/estudiante. Para Taller de cerámica, escultura y modelado, el área por estudiante es de 3.5 m²/estudiante (NTC 4595, 2015, pag 14).

Ambiente F: son lugares que permiten el trabajo individual, en pequeños grupos (dos a seis personas) o más de seis personas, “cara a cara”, o en disposición frontal, con ayuda de equipos móviles conectables. como son las áreas multifuncionales como foros, los teatros, las aulas múltiples, salones de música, entre otros. En conjunto, debe tener un área no inferior a 1.4 m²/estudiante (NTC 4595, 2015, Pag 15-16).

Dentro de la NTC 4595, también indica que las instituciones educativas deben dar prioridad al uso de la luz natural sobre la luz artificial para garantizar un confort visual a quienes usan los espacios. Para dar cumplimiento, se deben diseñar en construcciones nuevas un control de iluminación.

“El sistema de iluminación artificial debe dar cumplimiento a lo estipulado en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), el cual establece los niveles de iluminancia promedio, uniformidad, deslumbramiento máximo (UGR) y eficiencia energética (VEEI)” (NTC 4595, 2015, pag 27).

En el capítulo 8 de la NTC 4595, se indica las características ambientales con las cuales es necesario proveer a los distintos espacios que conforman las instalaciones con: Comodidad visual, comodidad higrotérmica, comodidad auditiva y calidad del aire.

El numeral 8.2.1 de Comodidad visual: “Todos los ambientes pedagógicos básicos y los complementarios donde permanezcan en forma continua estudiantes o personal administrativo y los espacios para primer respondiente, deben contar con iluminación

natural y, adicionalmente, iluminación artificial para atender los requisitos de iluminación durante el día o en jornada nocturna (NTC 4595, 2015, pag 31).

En este numeral se describen las pautas para aberturas, ángulos y criterios que rigen para construcciones educativas nuevas, en el caso de estudio de la edificación BIC, no se pueden aplicar estas normas, pero si se deben acercar a condiciones generales ya que son criterios mínimos y necesarias para asegurar una visibilidad apropiada para las distintas actividades educativas.

En el numeral 8.3 Comodidad Higrotérmica, condición mental que expresa satisfacción con el medio ambiente en términos de temperatura y humedad relativa, lo que en este trabajo denominamos confort.

“Hace referencia a las condiciones ambientales para asegurar que un número máximo de usuarios de los establecimientos educativos no consideren el clima como un factor que perturbe el desarrollo de sus actividades” (NTC 4595, 2015, pag 36).

En este numeral se plantean criterios bioclimáticos donde se establecen rangos y “se establecen como zona confortable la que está dentro del rango de temperatura de 18°C a 24°C, y humedad relativa entre 20% y 80%. Estos rangos pueden variar, según la zona climática” (NTC 4595, 2015, pag 37). Aunque la resolución 0194 de 2025, ajusta los porcentaje de ahorro según el clima. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2025)

Numeral 8.32, habla de las condiciones de ventilación “Este numeral se refiere a la ventilación natural producida por razón de diferencias de temperatura y presión, por el viento y su difusión, a través de puertas, ventanas u otras aberturas intencionales del edificio” (NTC 4595, 2015, pag 38).

“En términos generales, se debe buscar que, en las zonas climáticas frías templadas, las edificaciones sean compactas y sus aberturas y superficies estén, lo menos posible expuestas a los vientos predominantes” (NTC 4595, 2015, pag 41).

“En zona climática templada se debe asegurar la renovación del aire manteniendo las condiciones de comodidad higrotérmica, permitiendo el paso del aire en periodo cálido y restringiendo el paso del aire en el periodo frío. El sistema debe ser operable” (NTC 4595, 2015, pag 38).

Numeral 8.3.3 Control de la radiación solar: Las edificaciones escolares deben orientarse de tal forma que la mayor cantidad de superficies exteriores y aberturas sean perpendiculares al eje norte-sur. Deben contar con aleros, aletas u otros elementos constructivos que eviten o controlen a voluntad el paso directo de los rayos solares a sus superficies exteriores y especialmente al interior de los espacios (NTC 4595, 2015, pag 40).

Numeral 8.4 Comodidad auditiva:

El acondicionamiento acústico se desarrolla en dos temas: el aislamiento acústico, que busca mantener los espacios y las actividades que se desarrollan en éstos dentro de los óptimos niveles de intensidad de sonido recomendados, aislando el recinto de las fuentes de ruido, y el acondicionamiento acústico interior, que pretende asegurar la comunicación clara dentro de los dicentes espacios (NTC 4595, 2015, pag 42).

Figura 18

Niveles máximos de sonido ambiente

Tabla 16. Niveles máximos de sonido ambiente

Ambientes	Rango de intensidad de sonido ambiente, en dB(A)
Ambientes pedagógicos básicos con un volumen encerrado menor o igual a 566 m ³	35
Ambientes pedagógicos básicos con un volumen encerrado mayor a 566 m ³ y todos los ambientes pedagógicos complementarios	40
Ambientes E empleados para circular	45

NOTA Adaptado de la norma ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1. Valores para recintos amoblados sin presencia de personas y con puertas y ventanas cerradas tomados del promedio de la hora con mayor intensidad de ruido. Para información adicional y en caso de presencia de ruidos internos ocasionados por equipos de servicio debe consultarse la norma mencionada.

Nota: Imagen de niveles máximos de sonido ambiente. Fuente: NTC 4595. Autor: Icontec

“Cuando sea necesario aislar el ruido producido por ambientes adyacentes, es necesario especificar divisiones de piso a techo construidas con materiales aislante en toda la extensión de la división” (NTC 4595, 2015, pag 43).

4.1.2.4. **NORMATIVA RELACIONADA CON EL PATRIMONIO CULTURAL MATERIAL**

Ley 163 de diciembre de 30 de 1959: de defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos nacionales, declara el sector histórico de la ciudad Popayán como monumento nacional.

- Decreto 264 de 1963 se debe entender por antiguos a las calles, plazas, plazoletas, murallas y demás inmuebles originarios de los siglos XVI, XVII, XVIII y principios del XIX.
- Ley 397 de agosto 7 de 1997 Amplió la cobertura de la ley anterior

A través del tiempo se han legislado leyes que rigen a nivel nacional y local para el mantenimiento y conservación del Patrimonio arquitectónico:

- Decreto 763 del 2009: se mencionan los planes de manejo especial y protección como instrumentos de gestión que, por medio de acciones, garantizan la protección, conservación y sostenibilidad de los BIC bajo principios como: conservación de valores culturales, toma de medidas técnicas actuales que garanticen la conservación y estabilidad del bien, reversibilidad de intervención si en un futuro se considera necesario, respeto de la evolución histórica del bien, sustitución de elementos estructurales que sean imprescindibles, diferenciar los elementos nuevos de los originales para hacer la intervención legible, y documentar todas las acciones realizadas.

A continuación, se describe el tipo de obras para BIC inmuebles del decreto que se aplican para el desarrollo de este trabajo:

Reparaciones locativas: Obras para mantener el Inmueble en las debidas condiciones de higiene y ornato sin afectar su materia original, su forma e integridad, su estructura portante, su distribución interior y sus características funcionales, ornamentales, estéticas, formales y/o volumétricas. Incluye obras de mantenimiento y reparación como limpieza, renovación de pintura, eliminación de goteras, remplazo de piezas en mal estado, obras de drenaje, control de humedades, contención de tierras, mejoramiento de materiales de pisos, cielorrasos, enchapes, y pintura en general. También incluye la sustitución, mejoramiento y/o ampliación de redes de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, ventilación, contra incendio, de voz y datos y de gas.

Rehabilitación o Adecuación Funcional: Obras necesarias para adaptar un inmueble a un nuevo uso, garantizando la preservación de sus características. Permiten modernizar las instalaciones, y optimizar y mejorar el uso de los espacios.

Restauración: Obras tendientes a recuperar y adaptar un inmueble o parte de este, con el fin de conservar y revelar sus valores estéticos, históricos y simbólicos. Se fundamenta en el respeto por su integridad y autenticidad.

Modificación: Obras que varían el diseño arquitectónico o estructural de una edificación existente, sin incrementar su área construida.

De acuerdo al Decreto 258 de 2019:

Artículo 2.4.1.1.1. Definición y objetivo de los PEMP. los planes Especiales de Manejo y Protección PEMP-son un instrumento de gestión de los bienes de interés cultural mediante el cual se establecen acciones necesarias para garantizar la protección, la conservación y la sostenibilidad de los BIC o de los bienes que pretendan declararse como tales. Si a juicio de la autoridad competente dicho plan se requiere; los PEMP deben establecer las relaciones que se tiene con el patrimonio cultural de naturaleza material, inmaterial y las condiciones ambientales” (Decreto 2358, 2019, pag 8).

“Los bienes de Grupo Arquitectónico y Espacios Públicos de los ámbitos nacional y territorial declarados y reconocidos como BIC por la Ley 397 de 1997 y los declarados con anterioridad a la Ley 1185 de 2008 requerirán PEMP” (Decreto 2358, 2019, pag 2).

Para este trabajo aplicaría el ARTÍCULO 2.4.1.2.1. Categorías de bienes Inmuebles. Para efectos de la adopción de PEMP los bienes inmuebles se clasifican como se indica a continuación,

· 1. Del Grupo Urbano:

1.1. Sector urbano: fracción del territorio dotada de fisonomía, características y rasgos distintivos que le confieren cierta unidad y particularidad. La declaratoria como sector urbano contiene a todos los predios del sector del que forman parte y su espacio público; por lo tanto, son objeto del Departamento Administrativo de la Función Pública Decreto 2358 de 2019 20 EVA - Gestor Normativo régimen especial de protección por la declaratoria del conjunto, en este grupo se encuentran los Centros Históricos y otras fracciones del territorio.

2. Del Grupo Arquitectónico: construcciones de arquitectura habitacional, institucional, comercial, industrial, militar, religiosa, para el transporte y las obras de ingeniería. (Decreto 2358, 2019, pag 19 -20).

Tipos de obras permitidas en el nivel 1:

Grupo arquitectónico: primeros auxilios, reparaciones locativas, restauración, ampliación, adecuación, modificación, reforzamiento estructural, reconstrucción, cerramiento, demolición parcial para edificaciones que se ubiquen en el mismo predio y que no están cobijados por la declaratoria.

Grupo urbano: primeros auxilios, reparaciones locativas, restauración, ampliación, adecuación, modificación, reforzamiento estructural, reconstrucción, cerramiento. intervención de redes, generación de enlaces urbanos aéreos o subterráneos, instalación de bienes muebles y amoblamiento urbano, expresiones artísticas y arborización, obra nueva destinada a equipamientos comunales en espacios públicos, construcción y rehabilitación de andenes, parques, plazas, alamedas, separadores, ciclorrutas, vías peatonales y vehiculares, escaleras y rampas (Decreto 2358, 2019, pag 21-22).

Nivel 1. Conservación integral: Se aplica a inmuebles de excepcional significación cultural de conformidad con el estudio de valoración respectivo, y que por ser irremplazables deben ser preservados en su integralidad. Si las condiciones de los inmuebles lo permiten; se podrán realizar ampliaciones con el objetivo de promover su revitalización y sostenibilidad. Respecto a los inmuebles del grupo arquitectónico, se permite la intervención de los espacios internos siempre y cuando se mantenga la autenticidad de su estructura espacial, técnica constructiva y materialidad o la vocación de uso relacionado con manifestaciones del patrimonio cultural inmaterial (Decreto 2358,, 2019, pag 21).

El PEMP que significa Plan Especial de Manejo y Protección, cualquier intervención física en el sector histórico de la ciudad de Popayán está delimitado por dos áreas: el área afectada y de la zona de influencia, las cuales tienen diferentes criterios relacionados para avalar o permitir modificaciones en el sector Antiguo.

4.1.2.5. NORMATIVA EN EL SECTOR HISTORICO DE POPAYÁN

Los terremotos que se registraron en la ciudad, principalmente el del año 1983, marco una referencia importante en cuanto a la seguridad de las edificaciones BIC, se evidenció la vulnerabilidad y el riesgo que generan para salvaguardar la vida de las personas y la integridad del entorno. Por tal motivo y de acuerdo al estudio y comportamiento de los materiales con que fueron construidos inicialmente y al legado indiscutible de cultura y tradición heredado del pasado, el sector histórico de Popayán está protegido por leyes que ayudan a regular cualquier intervención física que se quiere realizar en los edificios BIC, avalados por los parámetros establecidos a Nivel

Nacional por el consejo Nacional de Patrimonio Cultural, por tal motivo el Municipio genera sus propias normativas de acuerdo a las edificaciones BIC que se encuentran en la ciudad.

Resolución 2432 del 2009 que aprueba el Plan Especial de Manejo y Protección del sector Antiguo de Popayán (PEMP).

Resolución DM 0019 de 2022: Se modificó la asignación de la competencia para autorizar intervenciones en los niveles 2 y 3 a la Alcaldía de Popayán.

La actualización del PEMP se realizó mediante la resolución y establece, los niveles permitidos de intervención, los cuales se detallan en la tabla 2:

Nivel 1 (N1): Conservación Integral (CI)

Nivel 2 (N2): Conservación del tipo Arquitectónico (CA)

Nivel 3 (N3): Conservación del tipo Contextual (CC)

Tabla 5

Niveles permitidos de intervención

	Nivel permitido de Intervención	Tipos de Obra	Instancia competente
1	Conservación Integral (CI)	Restauración, reparaciones locativas, primeros auxilios, rehabilitación o adecuación funcional, reforzamiento estructural, reintegración, ampliación, consolidación y liberación.	Ministerio de Cultura
2	Conservación del tipo Arquitectónico (CA)	Restauración, reparaciones locativas, primeros auxilios, rehabilitación o adecuación funcional, remodelación, reforzamiento estructural, reintegración, ampliación, consolidación y liberación.	Municipio de Popayán
3	Conservación del tipo Contextual (CC)	Demolición, obra nueva, modificación, remodelación, reparaciones locativas, primeros auxilios, reconstrucción, reforzamiento estructural, consolidación y ampliación.	Municipio de Popayán

Nota: Niveles permitidos de intervención de acuerdo al tipo de obra Fuente: Resolución DM 19 de 2022

La entidad competente en el Municipio de Popayán para emitir conceptos de las intervenciones en el nivel 2 y 3 es la Junta de Patrimonio Municipal de Popayán.

4.1.3. BIOCLIMATICA Y EDIFICIOS PATRIMONIALES

En las edificaciones patrimoniales coloniales la influencia española se ve reflejada en la tipología de las construcciones, los españoles muchos de ellos de Andalucía (España), reproducían los diseños de sus viviendas de lugar de procedencia, las cuales eran construidas para un clima y

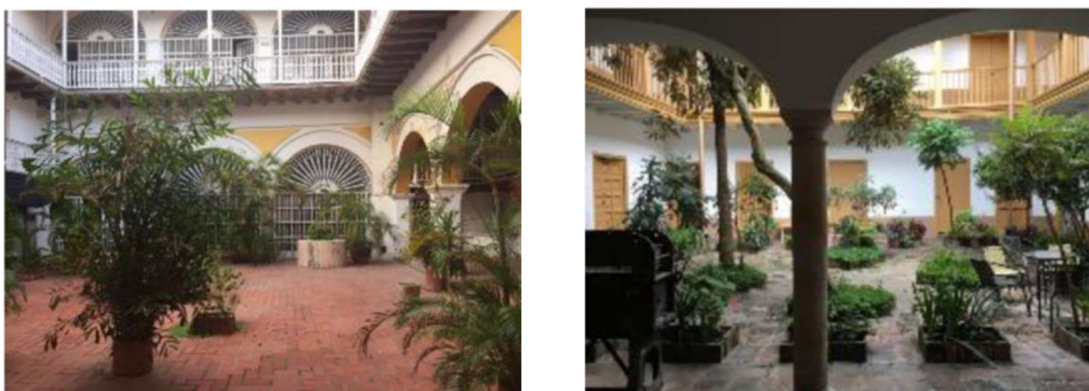
entorno específico, lo cual lleva a que, al implantarlas en un lugar diferente, se fusiona con la cultura, el contexto, hábitos diferentes que generan un comportamiento diferente de la misma.

De este modo es posible observar que los dos pisos en las tipologías de construcciones españolas, usados por la familia alternativamente según la época (calurosa o fría) del año, no se aplican en América y la diferenciación de usos en los distintos pisos no estará en función del clima sino de la economía familiar. (Silva, 2021). No obstante, en Colombia esta práctica española no se replica de esa manera e incorporó variaciones climáticas locales, como patios y corredores, en lugar de uso alterno de pisos por clima.

De acuerdo a lo anterior es muy común encontrar en todo el territorio colombiano, edificaciones BIC con similares tipologías arquitectónicas, en regiones diferentes que poseen climas muy diferentes, evidenciando que fueron implantados sin tener en cuenta el entorno del lugar.

Figura 19

Patios interiores en casas coloniales



Nota: (derecha) Vista interior de una casa en Cartagena, Colombia (2016) e (izquierda) vista de una casa colonial Bogotá, Colombia, (2016) Fuente: Condicionantes bioclimáticos

en la arquitectura Colonial de Colombia: la casa-patio en Cartagena de Indias y Bogotá. Autores: Cecilia López y David Felipe Sierra.

Las viviendas ocupaban una manzana completa y su característica principal radicaba en la implementación de tres patios, siendo el centro de las actividades principales, conformados por esbeltas vegetaciones, que generaban un microclima al interior de las viviendas por la relación entre vegetación, ventilación e iluminación (Bravo, Montoya, & Piamba, 2021)

4.1.4. DESEMPEÑO TÉRMICO Y LUMÍNICO EN EDIFICACIONES

PATRIMONIALES CON ÉNFASIS EN POPAYÁN

El confort térmico y visual de una edificación está relacionado directamente como fue concebido originalmente, es decir, con el diseño arquitectónico. Se busca el bienestar y comodidad de las personas que usan los espacios, para que puedan desarrollar sus actividades aprovechando los recursos naturales (iluminación, sombra, ventilación), con una temperatura interior adecuada, la cual se basa en los estándares de confort establecidos, que van de acuerdo al clima donde esté ubicada.

Las construcciones que incorporan tipologías con múltiples patios interiores pueden presentar un desempeño térmico eficiente en ciudades con climas cálidos, como Cali y Cartagena. Esto se debe a que los patios generan un microclima interior que favorecen la extensión y la renovación del aire, contribuyendo a la reducción de la temperatura ambiente y al enfriamiento pasivo de los espacios habitables. Sin embargo, en climas templados, como el de Popayán, los patios interiores podrían no resultar adecuados si no se toman medidas necesarias, ya que durante

la noche la temperatura interna desciende considerablemente, provocando una pérdida de calor excesiva y condiciones térmicas incómodas en el interior de la edificación.

Los métodos constructivos y materiales también influyen en el desempeño térmico de las edificaciones, la fusión de métodos traídos de España junto con las técnicas indígenas, generaron innovaciones tecnológicas que también se ven en todo el territorio Colombiano, independiente del Clima de la Región donde se encuentre. Estos sistemas constructivos también son un factor importante en el desempeño térmico de una Edificación. Los sistemas constructivos que más se encuentran son la tapia pizada la cual maneja muros de espesores entre 50 cm a 100 cm aproximadamente. Estos sistemas con espesores de muros gruesos, en climas cálidos, con temperaturas mayores a 30°C, retrasan ganancias térmicas, generando confort termino en los espacios interiores. Al contrario, ocurre en climas fríos, con temperaturas menores a 22°C, donde estos muros no permiten que la radiación solar caliente la superficie y entre el calor a la edificación, por lo tanto, los espacios internos son fríos y el cuadro se afecta dependiendo de la humedad relativa del lugar. (Sierra, 2018)

Actualmente, las viviendas de época colonial están protegidas mediante normativas de conservación que regulan las intervenciones y garantizan la preservación del valor histórico y arquitectónico de estos inmuebles. Sin embargo, en la mayoría de los casos, han sido adaptadas para usos distintos al habitacional. Algunos edificios han sido reconvertidos en instituciones educativas o sedes administrativas, lo que implica que, en general, no cumplen completamente con los requerimientos funcionales ni con las necesidades básicas propias de estas nuevas actividades. Los niveles de iluminación están reglamentados en nuestro país, mediante la resolución N° 180540

de marzo 30 de 2010, donde se especifica los niveles de iluminancia (lx) de acuerdo al tipo de recinto y actividad.

Figura 20

Índice UGR máximo y Niveles de iluminación exigibles para áreas de Colegios

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR _L	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
Colegios y centros educativos.				
<i>Salones de clase</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

Nota: Imagen de niveles de iluminación exigibles para Colegios y centros educativos de acuerdo sus diferentes actividades. Fuente: Resolución N° 18-0540 del 2010

De acuerdo a los niveles de iluminancia que se debe registrar en los salones de clases, así como lo muestra la figura 7, y de acuerdo al trabajo de campo realizado en la edificación patrimonial de la facultad de artes, se observa y se logra medir (mediciones que más adelante se podrán conocer) que la iluminación natural existente no logra alcanzar los niveles de iluminancia de acuerdo a las necesidades y del uso y/o actividades que se le está dando a los espacios, por lo tanto se recurre a la luz artificial.

Paulatinamente, la iluminación artificial se ha convertido en la única manera de utilizar los espacios para alcanzar los niveles requeridos. La relación vano-muro teniendo en cuenta el espesor de los muros, no alcanza con luz natural a los niveles requeridos de iluminancia. Por lo tanto, se hace necesario proponer buscar estrategias pasivas que la norma permita para lograr mejorar estos niveles de iluminancia y en las áreas donde no se pueda dar alguna intervención se

deberá buscar estrategias artificiales con un bajo desempeño energético que alcancen los niveles requeridos para cada espacio.

De acuerdo con la Norma técnica Colombiana NTC 4595, en su sección sobre comodidad térmica, la ciudad de Popayán se clasifica en un clima moderado frío y templado. Este se caracteriza por temperaturas que oscilan entre 5°C y 22°C, con una amplitud térmica diaria de hasta 10°C, y variaciones marcadas en la humedad relativa (entre 40% y 60% durante el día y un rango constante de 65% a 70% en las 24 horas). Para esta clasificación, se recomiendan estrategias específicas para climas moderados, evitando la categoría de clima templado por exceso de calor y considerando también la categoría de clima húmedo, dada la fluctuación de humedad por encima del 60%.

En relación con la ventilación se recomienda que las aberturas destinadas para el paso del aire tengan una incidencia de 45° para edificaciones nuevas, cuando no es posible lograr esta orientación, se debe recurrir al uso de elementos de fachada que permitan la entrada de corrientes de aire, esto también ayudaría a mantener un equilibrio en la humedad relativa del espacio.

La imagen de la figura 18, es un cuadro de las áreas efectivas de ventilación para construcciones nuevas, para edificaciones existentes es posible que no se logró cumplir, por lo tanto se deben crear nuevas alternativas para alcanzar un acercamiento óptimo a los lineamientos recomendados.

Figura 21

Áreas efectivas de ventilación

Ambiente	Frio / Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Oficinas, Ambientes A, Ambientes B en bibliotecas, Ambientes D cubiertos y Ambientes F	De 1/15 a 1/12 del área de la planta.	1/9	1/6
Ambientes B en salones de cómputo, Ambientes C, Ambientes E, cocinas y baños	De 1/12 a 1/10 del área de la planta.	1/8	1/5

Nota: la tabla indica cuánta área de ventilación debe de haber en relación con el tamaño total del espacio Fuente: NTC 4595.

4.2. CASO DE ESTUDIO 2 - EDIFICIO NUEVO DE AULAS SECTOR TULCAN

4.2.1. CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS EDIFICACIONES EDUCATIVAS EN POPAYÁN

En Popayán la construcción de nuevas edificaciones educativas está regida por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de la ciudad, y por las políticas nacionales para mejorar la infraestructura educativa.

Popayán y el departamento del Cauca, enfrentan retos en la infraestructura educativa, ya que las aulas de educación a nivel superior existentes tienen más de 40 años de construidas, lo que genera una necesidad de nuevas construcciones y/o adecuación de nuevas aulas y edificios existentes.

Cuando se habla de nueva infraestructura educativa de nivel superior, se encuentran pocos registros, ya que el gobierno de Colombia, ha concentrado las inversiones, en infraestructura para educación básica y media, de instituciones públicas.

El ministerio de Educación tiene programas de inversión, para fortalecer la creación y/o mejoramiento de infraestructura universitaria y comunitarias, en zonas rurales en el departamento del Cauca, como en Guapi en donde se construirá la nueva sede de la Universidad del Cauca, existe un proyecto para la creación del proyecto para la Universidad del Macizo Colombiano en la Vega Cauca; En Popayán la inversión estaría para la instalación de aulas modulares y dotación para el edificio de la Facultad de Arte y Diseño de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca.

En materia de educación superior, el Ministerio de Educación ha fortalecido la base presupuestal de las universidades públicas del Cauca. Entre 2022 y 2025 los recursos asignados pasaron de \$233.993 millones a \$344.583 millones, lo que significa un crecimiento del 47%. La base presupuestal de funcionamiento de las Instituciones de Educación Superior publicas creció aún más: pasó de \$171.995 millones en 2022 a \$286.268 millones en 2025, con un crecimiento acumulado del 66%. (Ministerio de Educación, 2025)

En la ciudad de Popayán se encuentran universidades privadas y públicas, los espacios físicos o sedes donde se encuentran las diferentes sedes de las universidades de carácter público, en su mayoría se encuentran en el sector histórico de la ciudad de Popayán, dentro de edificaciones declarados como monumento nacional y patrimonio arquitectónico, casonas coloniales o edificaciones construidas aproximadamente en la década de los setenta como el caso del campus del Tulcán de la Universidad del Cauca.

Debido a los proyectos que existen y las importantes inversiones realizadas, la infraestructura educativa Universitaria en Popayán, está en un proceso de mejora.

Actualmente está en un avanzado porcentaje de construcción el nuevo campus de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca (UNIMAYOR).

La Universidad del Cauca, también ha fortalecido su infraestructura física con recursos propios, con la Construcción del edificio de aulas, el cual será destinado a las facultades de ciencias contables, económicas y administrativas, Ingeniería civil e Ingeniería electrónica y Telecomunicaciones, dando así solución al problema de espacios físicos que tenían las facultades anteriormente mencionadas.

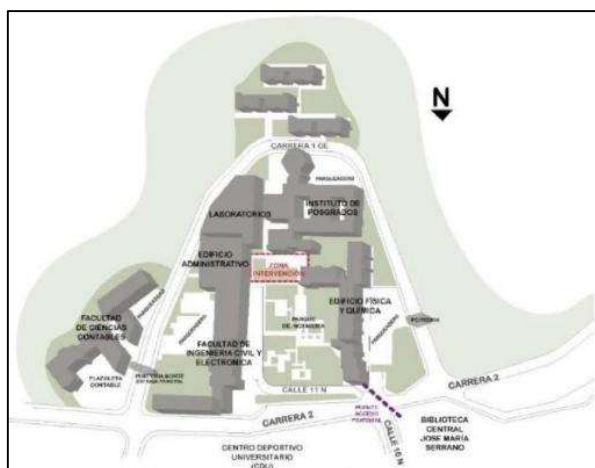
Los edificios que albergan algunas facultades son antiguos, por lo que han sido adaptados y mejorados para ofrecer espacios y tecnologías apropiadas. Sin embargo, estas modificaciones están limitadas por las condiciones de la infraestructura existente y las normas que regulan modificaciones.

La Universidad del Cauca, terminó de construir en el 2024 un edificio de aulas para suplir la deficiencia de espacio que tienen tres facultades: Ingeniería Civil, Ciencias contables, Económicas y Administrativas e Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.

Se encuentra ubicado al interior de la zona urbana del municipio de Popayán, comuna 4 del barrio Pomona. Su implantación se encuentra en el campus Tulcán, tal como se indica en la figura 22, contiguo a los edificios actuales de pregrados, laboratorios de geotecnia y posgrados de ingenierías; Tiene un total de área construida de 2401.52 m² y un área de 492.72 m² en paisajismo y urbanismo, el edificio cuenta con 5 niveles, dentro de los cuales se generaron 15 nuevas aulas.

Figura 22

Edificio nuevo de aulas



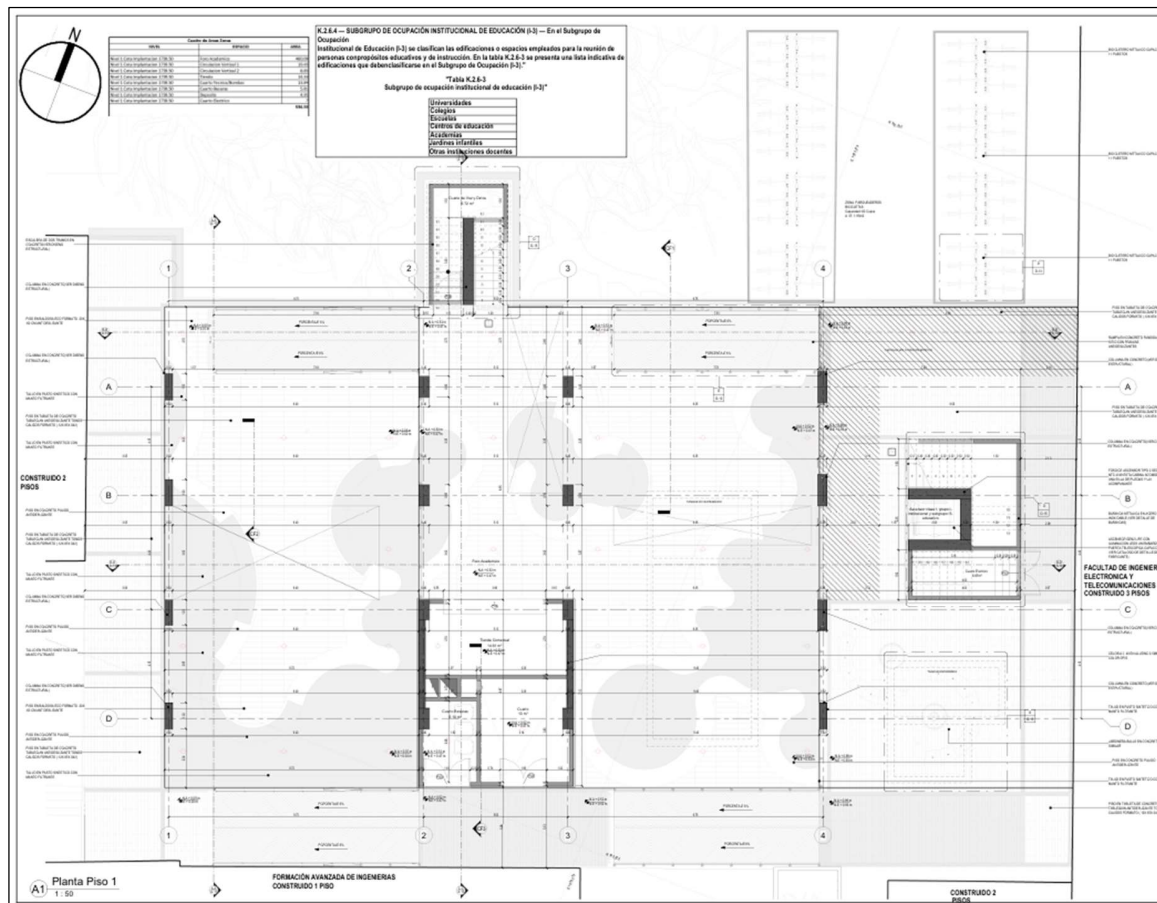
Nota: Ubicación del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia (2022), Fuente: Pliego de condiciones para convocatoria pública N°001 de 2022. Autor: Vicerrectoría administrativa de la universidad del Cauca.

Tal como se indica en las siguientes figuras 23, el diseño deja una planta libre en el primer nivel, en las plantas 2 a 4 tal como se indica en la figura 24, se desarrollan 4 aulas por piso, batería sanitaria, puntos fijos, y ascensor, y en la última planta (5 nivel), tal como se indica en la figura 25, se desarrollan 3 aulas, una terraza y puntos fijos.

En los cortes se pueden observar los vacíos existentes entre cada piso y altura entre losas, tal y como se observa en las figuras 26 a 28 y fachadas, tal como se observan en las figuras 29 a 32, los elementos de control solar.

Figura 23

Plantas arquitectónicas Edificio Aulas

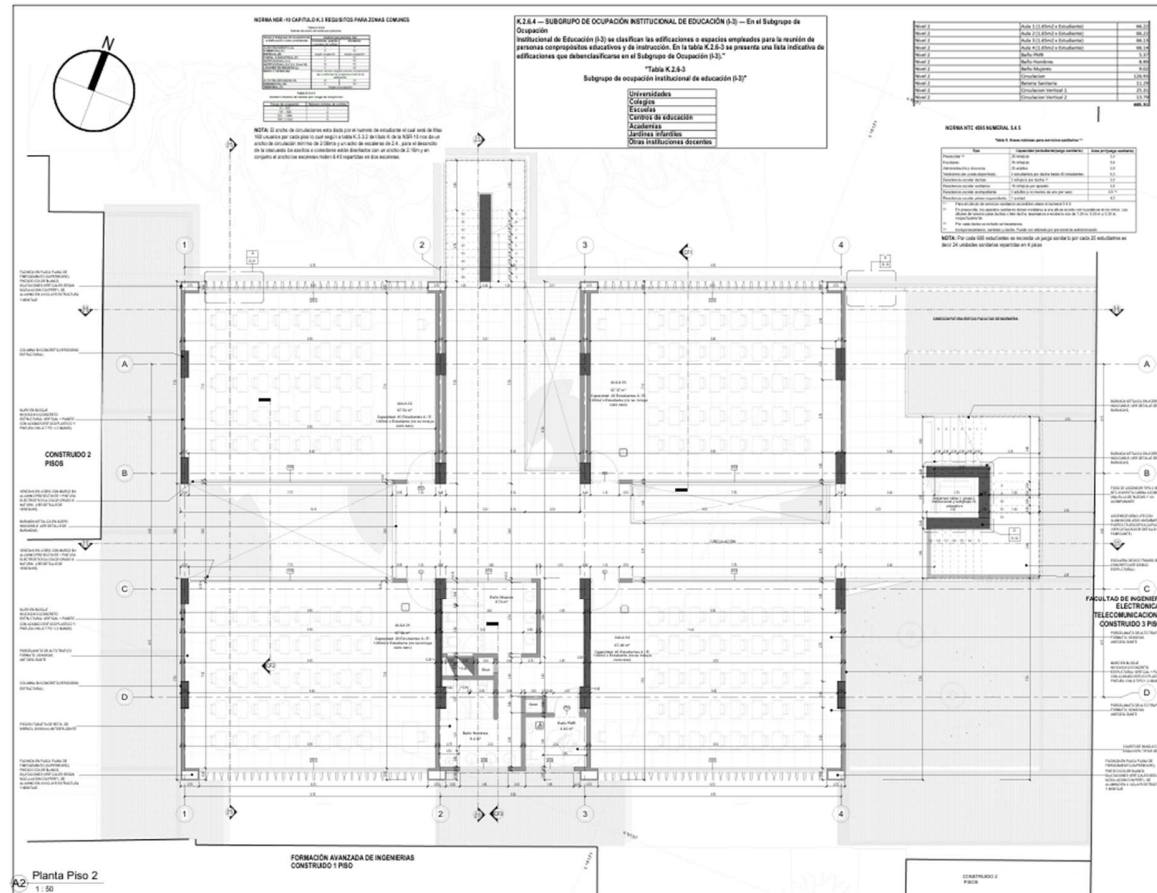


Nota: Planta primer piso del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia, Fuente:

Universidad del Cauca Autor: Grupo M&M consultoría sas.

Figura 24

Plantas arquitectónicas Edificio Aulas

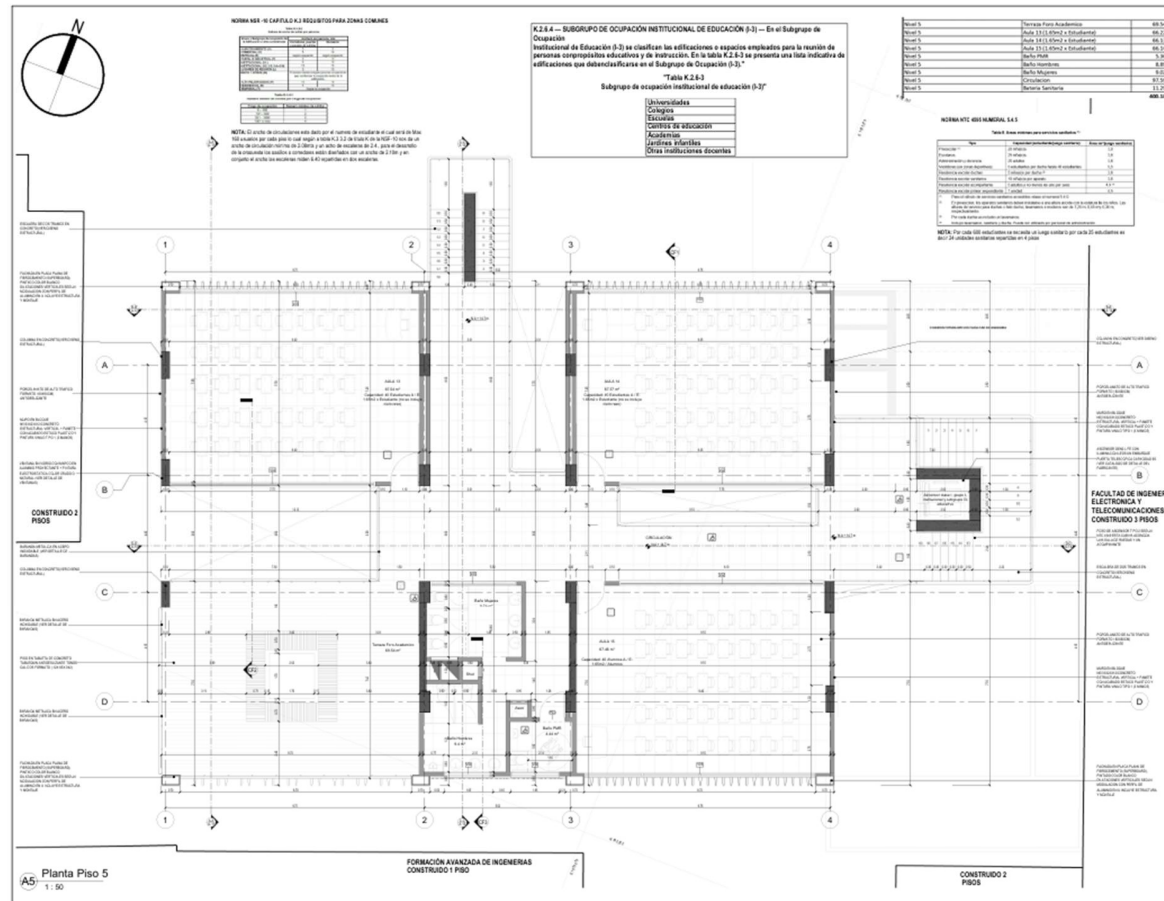


Nota: Planta tipo del segundo al cuarto piso del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia,

Fuente: Universidad del Cauca Autor: Grupo M&M consultoría sas.

Figura 25

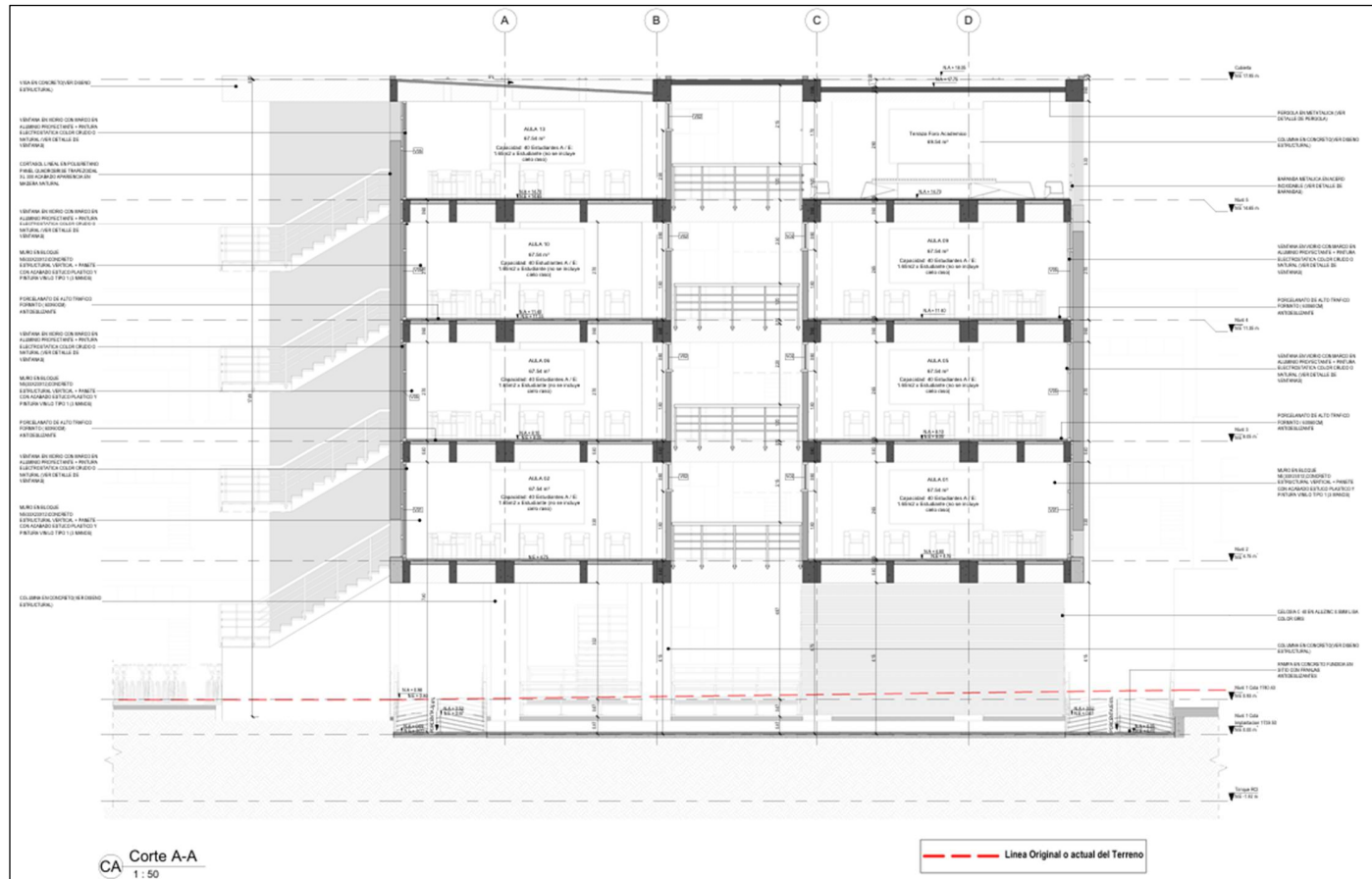
Plantas arquitectónicas Edificio Aulas



Nota: Planta quinto piso del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia, Fuente: Universidad del Cauca Autor: Grupo M&M consultoría sas.

Figura 26

Cortes arquitectónicas Edificio Aulas

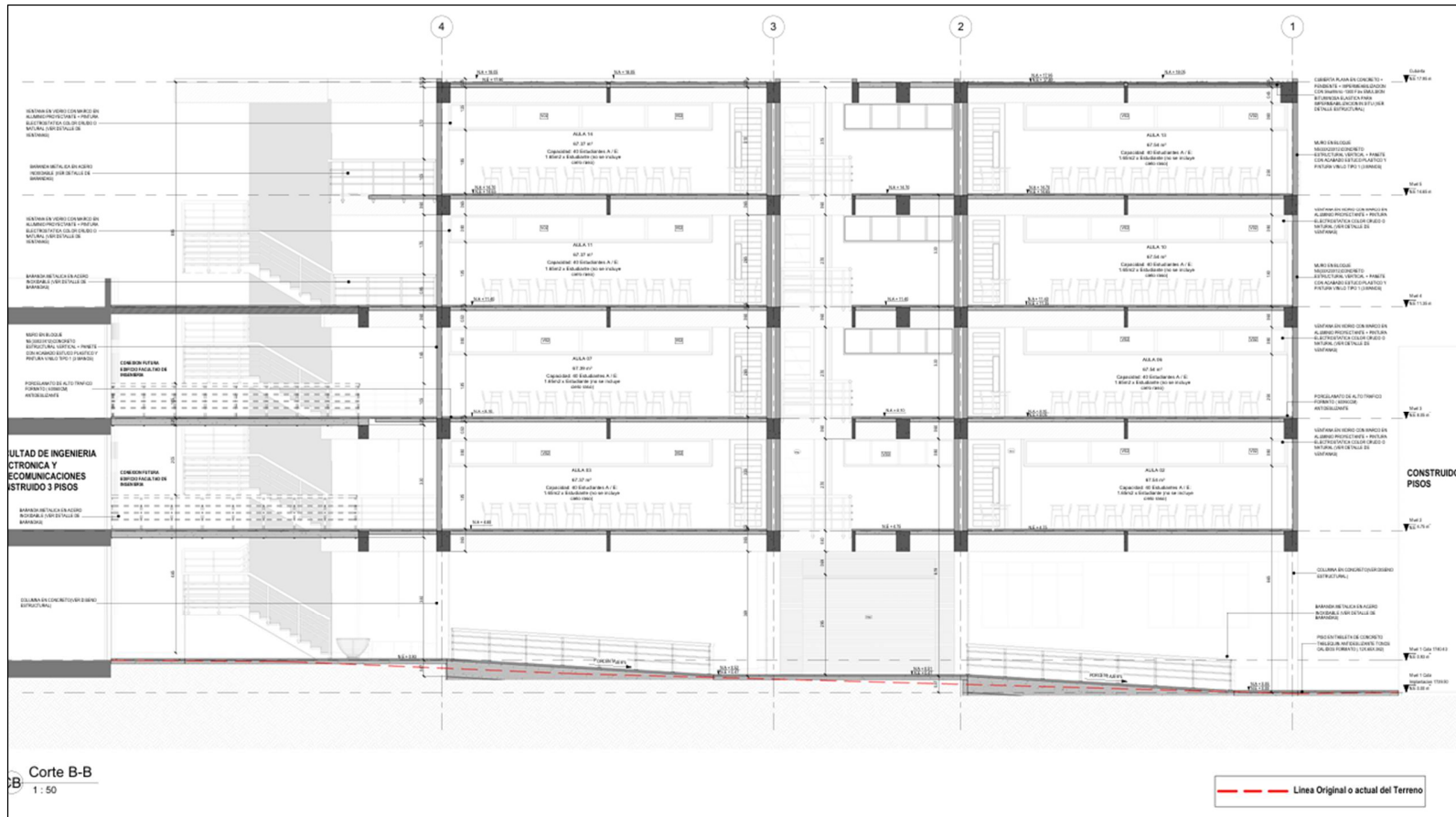


Nota: Corte longitudinal A-A del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia Fuente:

Universidad del Cauca. Autor: Grupo M&M consultoria Sas

Figura 27

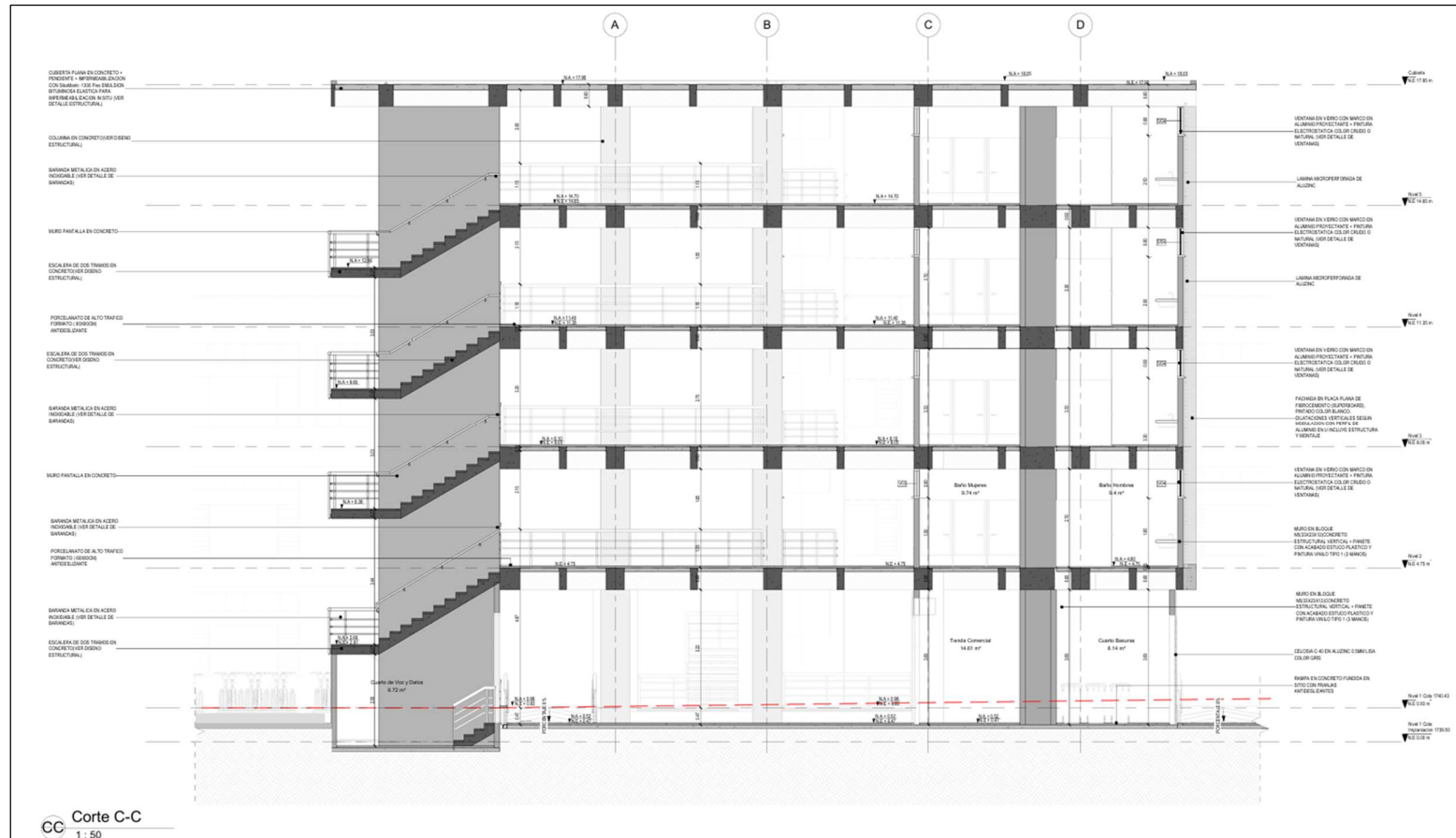
Cortes arquitectónicas Edificio Aulas



Nota: Corte longitudinal B-B del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia Fuente: Universidad del Cauca. Autor: Grupo M&M consultoría Sas

Figura 28

Cortes arquitectónicas Edificio Aulas

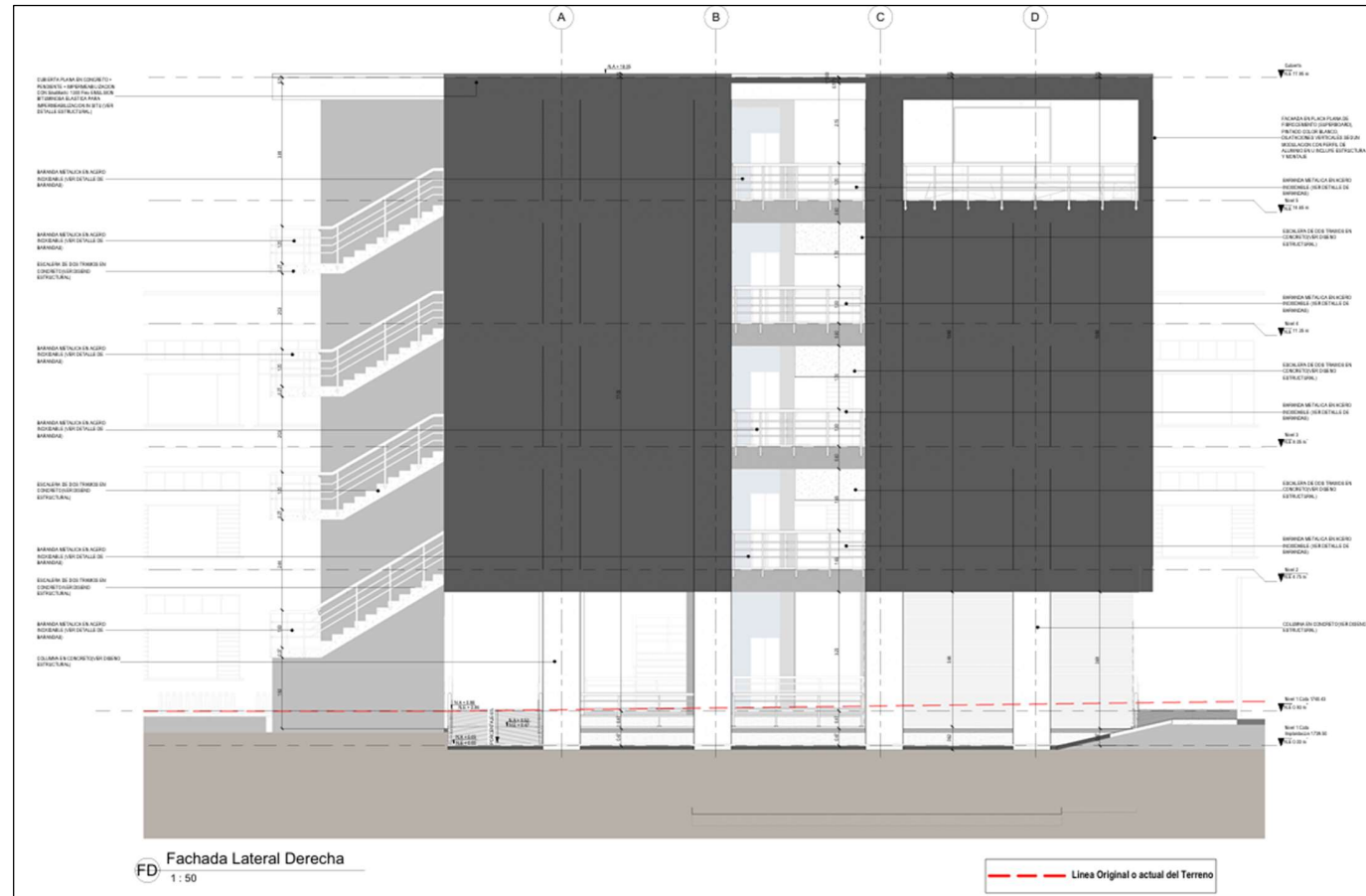


Nota: Corte longitudinal C-C del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia Fuente:

Universidad del Cauca. Autor: Grupo M&M consultoría Sas-

Figura 30

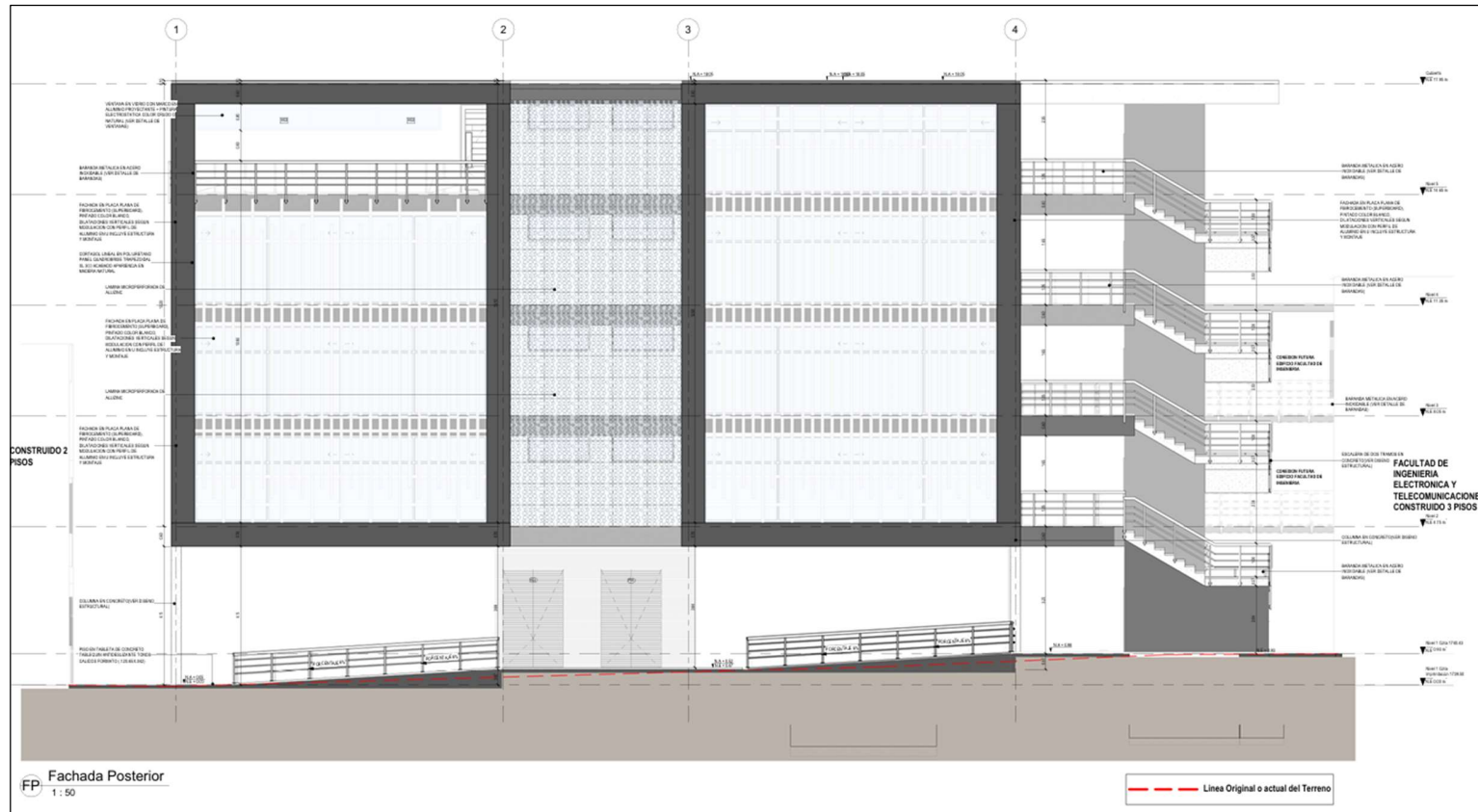
Fachadas edificio aulas



Nota: Fachada lateral Derecha del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia Fuente: Universidad del Cauca. Autor: Grupo M&M consultoría Sas.

Figura 31

Fachadas edificio aulas



Nota: Fachada posterior del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia Fuente:

Universidad del Cauca. Autor: Grupo M&M consultoría Sas.

Figura 32

Fachadas edificio aulas

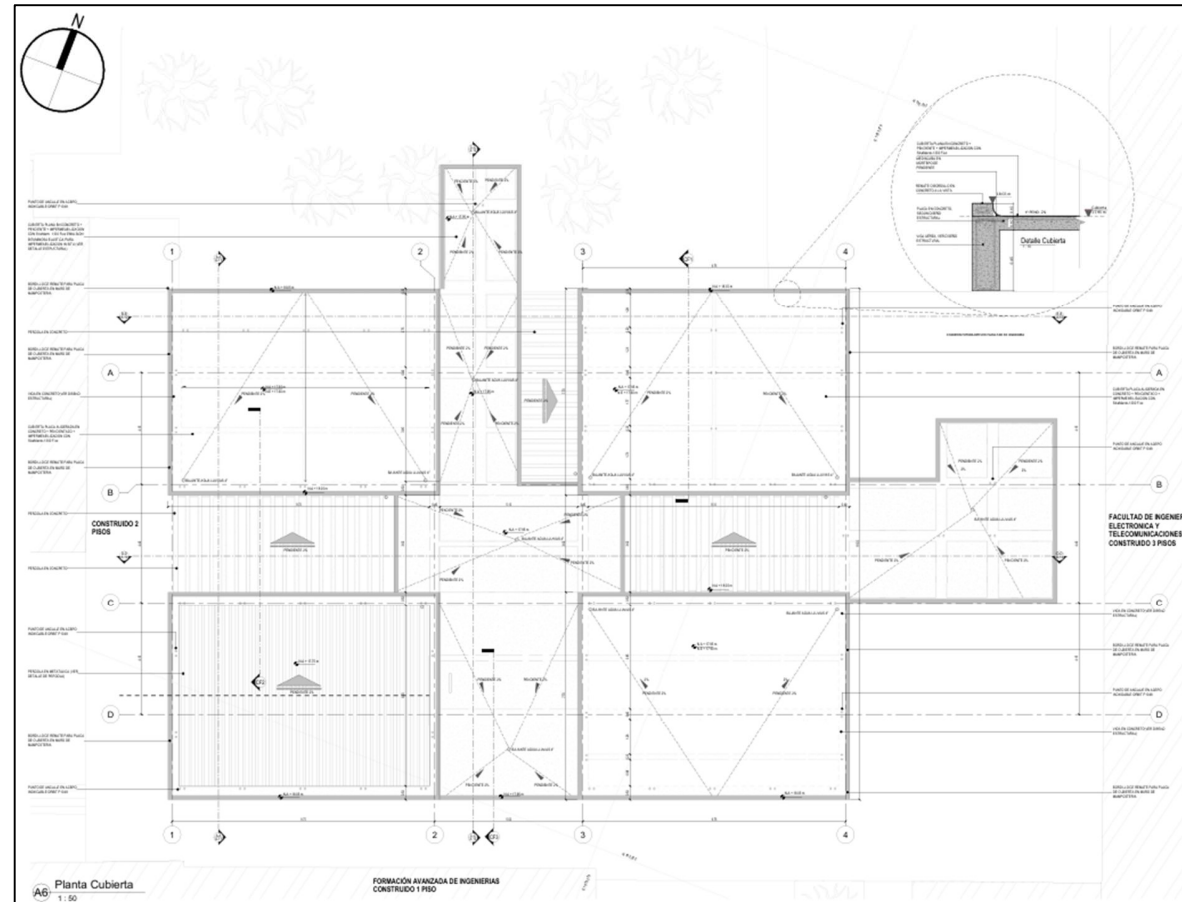


Nota: Fachada frontal del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia Fuente:

Universidad del Cauca. Autor: Grupo M&M consultoría S.A.S.

Figura 33

Planta cubierta edificio aulas



Nota: Planta de cubierta del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia Fuente:

Universidad del Cauca. Autor: Grupo M&M consultoría Sas

Figura 34*Renders edificio aulas*

Nota: Renders de edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia Fuente: Universidad del Cauca. Autor: Grupo M&M consultoría Sas.

La construcción del edificio de aulas, se terminó de construir en octubre de 2024. Durante la fase de diseño del proyecto, la Universidad presentó como requisito técnico que el diseño arquitectónico incorporara y desarrollara principios bioclimáticos, ambientales y paisajísticos. Esto se hizo con el objetivo de garantizar el confort de las instalaciones y promover un diseño sostenible y en armonía con el entorno. desde su concepción, se tiene entendido que la Universidad de Cauca en colaboración con la empresa Contratista encargada de los diseños, realizó un informe de recomendaciones de bioclimática y sostenibilidad, en donde se realizaron estudios y diseños acordes con la guía de sostenibilidad de proyecto del Ministerio de Educación Nacional.

De acuerdo con lo anterior, la Universidad buscó que el proyecto incluya análisis bioclimáticos, ambientales y de arquitectura sostenible, integrando criterios bioclimáticos en su diseño para minimizar el consumo de recursos no renovables, especialmente en términos de energía y agua. Sin embargo, dentro de los objetivos y entregables establecidos para la entrega de los diseños

arquitectónicos, no se contempló la realización de una certificación de sostenibilidad para el proyecto, solo existe un informe de recomendaciones que se basó en los cumplimientos mínimos requeridos dentro de la guía de sostenibilidad del proyecto del Ministerio de Educación Nacional. Anexo 5 Bioclimática.

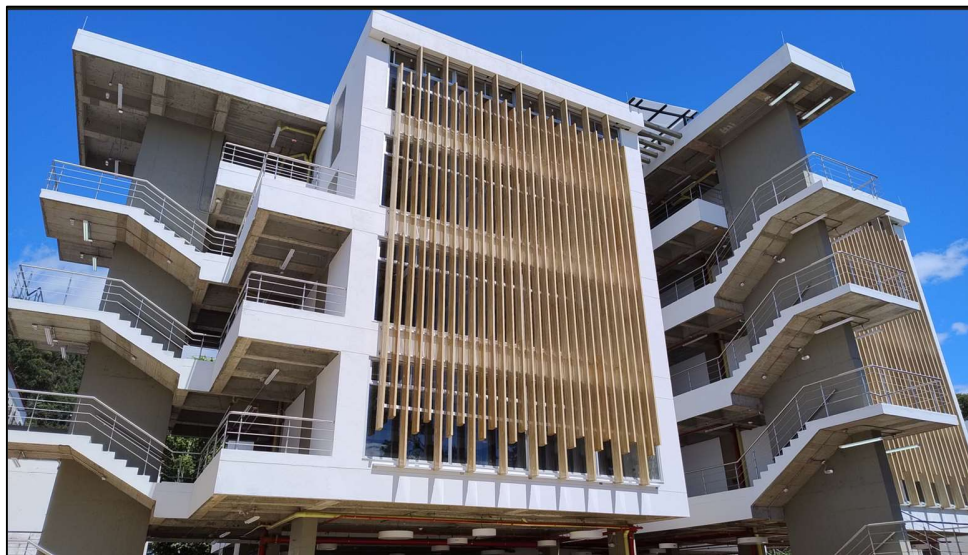
Los parámetros mínimos de obligatorio cumplimiento en relación con el ahorro del agua y la energía en Colombia, fueron tomados de la Resolución 549 de 2015y de acuerdo al informe entregado para este proyecto, tomaron en cuenta:

Según la clasificación climática de la guía, Popayán se ubica como clima templado, lo cual requiere maximizar los efectos del calentamiento del sol aprovechando su trayectoria para calentar los espacios interiores, orientar los edificios en sentido norte – sur para aumentar su exposición a la radiación solar y evitar el ingreso de ventilación de altas velocidades al interior. Así mismo, se requiere renovación de aire (mínima ventilación), maximizar los aportes de energía solar y maximizar el aislamiento térmico para evitar enfriamiento nocturno. (Universidad del Cauca, 2021).

En las siguientes figuras 35 a 41, se observan fotos reales del edificio de aulas terminado:

Figura 35

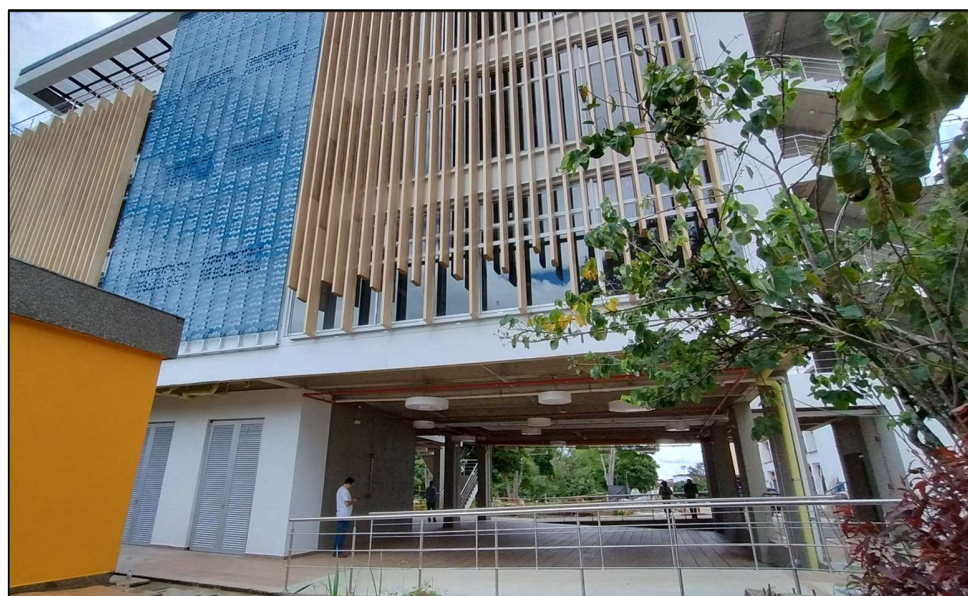
Fotos reales exterior edificio aulas



Nota: Foto de fachada frontal. Autor: propio

Figura 36

Fotos reales exterior edificio aulas



Nota: Foto de fachada posterior. Autor: propio

Figura 37

Fotos reales internas edificio aulas



Nota: Foto de primer piso. Autor: propio

Figura 38

Fotos reales internas edificio aulas



Nota: Foto de salones. Autor: Propio

Figura 39

Fotos reales internas edificio aulas



Nota: Foto corredores quinto piso. Autor: propio.

Figura 40

Fotos reales internas edificio aulas



Nota: Foto de corredores tipo del edificio de aulas. Autor: propio

Figura 41

Fotos reales internas edificio aulas



Nota: Foto terraza quinto piso del edificio de aulas. Autor: propio

En el desarrollo de la construcción del edificio de aulas, los constructores se encontraron con diversas situaciones que no se tuvieron en cuenta tanto a nivel arquitectónico vs presupuesto, por lo que se terminó con cambios en cuanto a los acabados del mismo, como el no colocar cielo falso y dejar a la vista las tuberías tanto eléctricas como hidrosanitarias, acabados en los elementos estructurales como pantallas, vigas y columnas, cubierta de la terraza del quinto piso.

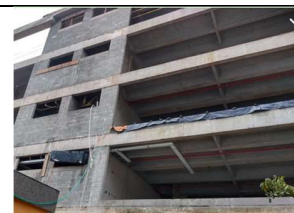
Estos cambios generan alteraciones en las propuestas iniciales, principalmente de iluminación y su aporte al confort dentro del desarrollo de las clases.

4.2.1.1. PROPIEDADES TERMICAS DE LOS MATERIALES

Tabla 6

Propiedades térmicas de bloque de concreto

EDIFICIO AULAS-SECTOR TULCAN- UNICAUCA					
SISTEMA CONSTRUCTIVO					
MUROS EXTERIORES E INTERIORES: BLOQUE DE CONCRETO					
MATERIAL	ESPESOR / mt	DENSIDAD APARENTE Kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA W (m/k)	CAPACIDAD TERMICA J/(Kg.°C)	RESISTENCIA TERMICA m ² .K/W
Revestimiento interno (estuco y pintura)	0,02	1300	0,57	1000	0,001
Mortero	0.02	1860	0,72	800	0,025
Bloque de hormigón	0,15	1400	0.56	1050	0,107
Mortero	0,02	1860	0.72	800	0,025
Pintura Koraza	0.001	1100	0.2	740	0,001
Transmitancia térmica VALOR U: W/M ² . K				6,29	



Nota: valores de propiedades térmicas de un sistema constructivo de muro en bloque. Fuente:

(Chávez Galán, 2009), (Franco, 2020), (Yeso, 2023), (calor, s.f.) Autor: Propia.

De acuerdo a los valores de la tabla 6, la transmitancia térmica del sistema constructivo de los muros en bloque, es aproximadamente 6.29 W/m²K, el cual es un valor alto, lo que indica que el muro permite el paso del calor con relativa facilidad, tiene un pobre aislamiento térmico.

Tabla 7

Transmitancia térmica de fachada con parasol vertical

EDIFICIO PATRIMONIAL FACULTAD DE ARTES-UNICAUCA						
SISTEMA CONSTRUCTIVO:						
PARASOL VERTICAL-VIDRIO 4mm Y VIGA EN CONCRETO						
MATERIAL	ESPESOR / mt	DENSIDAD APARENTE Kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA (m/k)	W	CAPACIDAD CALORÍFICA J/(Kg deg)	RESISTENCIA TERMICA m ² .K/W
Cortasol vertical de aleación de aluminio	0,002	2810	130-150		714,8	0,000011
Vidrio laminado 6mm	0,006	2500	1,05		840	0,04
Murete en Bloque de Hormigón	0,015	1400	0,56		1050	0,09
Viga en concreto	0,4	305-2400	0,05-1,63		1050	0,25
Transmitancia térmica VALOR U: W/M ² . K					2,60	
SHGC (Coeficiente de Ganancia solar) teniendo en cuenta que hay cortasol vertical					0,14 – 0.27	



Nota: valores de propiedades térmicas de un sistema constructivo en fachada con cortasol. Fuente: Valores de diferentes fuentes (Chávez Galán, 2009), (Franco, 2020), (Ecoingeniería, 2012), (TGR, s.f.) Autor: Propia.

El cortasol vertical que está instalado está fabricado en Aluzinc el cual es un material aleado entre 45% aluminio, 43.4% de cinc y 1.6 silicio, del cual no se encontró las propiedades térmicas, la

información que se tuvo es que tiene una excelente resistencia al calor, por tal motivo, el material del cuadro se tomará como aluminio que es el que tiene mayor porcentaje en la composición.

La transmitancia térmica del sistema de la fachada es de aproximado $2.60 \text{ W/m}^2\text{K}$, lo que indica que es un valor moderado, que puede ser óptimo para el tipo de clima en donde está ubicado.

El objetivo del informe de Bioclimática y sostenibilidad que la Universidad del Cauca, realizó para el diseño de este proyecto, tomó como referencia la guía de sostenibilidad del proyecto del Ministerio de Educación Nacional anexo 5 Bioclimática, el cual es una guía para que se implementen criterios, estrategias y sistemas bioclimáticos adecuados para el tipo de clima donde se ubique el proyecto. Con esta guía los diseños pueden garantizar confort y tendrán en cuenta las nuevas condiciones climáticas derivadas del cambio climático; De acuerdo a la guía, se realizaron los siguientes estudios:

1. Estudio del contexto climático: el cual realiza el análisis de la Ubicación del edificio dentro de la ciudad de Popayán y a nivel geográfico de Colombia.
2. Caracterización del clima: en el Informe se encuentra el análisis del clima de la ciudad de Popayán, como temperaturas, humedad relativa, radiación solar, vientos. En este análisis se concluye que se encuentra implantado en un clima templado.
3. Requerimientos bioclimáticos y de confort térmico: En este punto, se apoyaron de acuerdo a los parámetros según Res. 549 de 2015, que son los criterios mínimos de obligatorio cumplimiento en relación con el ahorro del agua y la energía en Colombia, dependiendo del clima y del uso del proyecto. En cuanto a los requerimientos de confort térmico, el proyecto tuvo en cuenta desde su primer análisis, que debe enfocarse en proteger el edificio de factores exteriores como el

calor, frío y humedad, y su orientación es clave para solucionar lo anterior, también se deben tener en cuenta otras técnicas de acuerdo al clima para mejorar aislamiento, materiales utilizados, controlar el asoleamiento, manejo de temperaturas entre otros; Determinaron que se ubica dentro de clima templado, lo cual requirió la orientación de los edificios en el sentido norte-sur, para aprovechar la exposición a la radiación solar y así calentar los espacios interiores y evitar el ingreso de ráfagas de viento. Se tuvo en cuenta la renovación de aire en una mínima y controlada ventilación, maximizar los aportes de energía solar y maximizar el aislamiento térmico para evitar el enfriamiento nocturno.

4. Dentro del cálculo y dimensionamiento de estrategias, sistema y dispositivos de climatización pasiva, la resolución 549 de 2015, no contempla el uso de desarrollo comunitario, por lo tanto, tomaron como referencia a los proyectos educativos, que tiene estrategias como la relación ventana pared (RVP), protección solar, ventilación natural, controles de luz día interior y exterior, iluminación eficiente, sensores de ocupación, entre otros. Los valores del consumo de agua y energía tomaron en cuenta las tablas de línea base en centros educativos, que están dentro de la resolución dentro de las medidas recomendadas para clima templado.

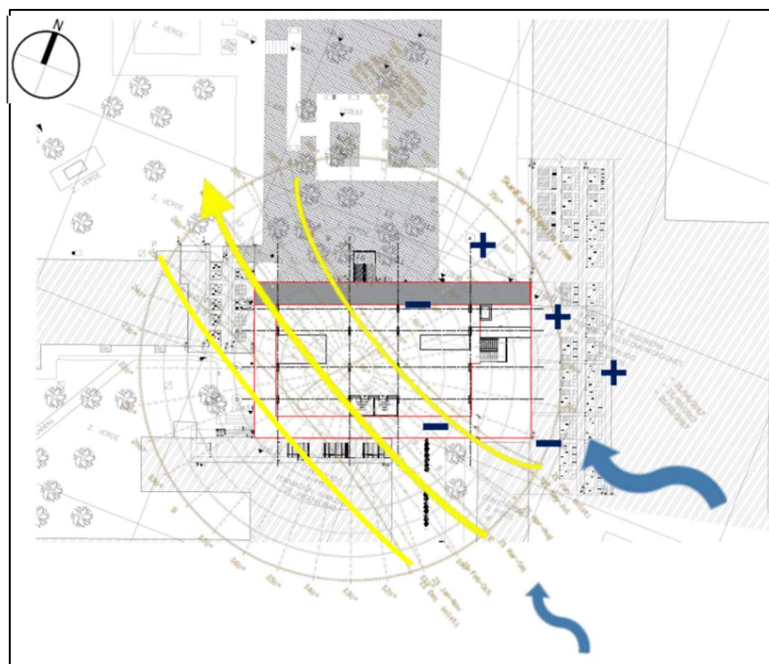
En el informe, y de acuerdo al análisis de clima que realizaron, se realizan 3 propuestas donde dan propuestas de la implementación de las estrategias y parámetros de diseño, de las cuales, en este trabajo solo se mencionara la propuesta que se reflejó en el diseño arquitectónico final, el cual se construyó:

De acuerdo al informe para maximizar la exposición solar “la estrategia general es alargar el edificio a lo largo del eje norte sur para maximizar la superficie expuesta a la luz solar directa,

tal como se indica en la figura 42, así como localizar los espacios habitables a lo largo de estas fachadas expuestas. (Universidad del Cauca, 2022, pág. 14)

Figura 42

Ubicación climática edificio aulas



Nota: ubicación del edificio aulas, influencia solar y dirección de vientos predominantes Fuente: Informe de bioclimática y Sostenibilidad Universidad del Cauca Autor: Universidad del Cauca.

De acuerdo a la implantación del proyecto, algunas paredes en las fachadas recibirán el sol en la mañana o en la tarde, dependiendo de la época del año, esto ayudará a calentar los espacios naturalmente.

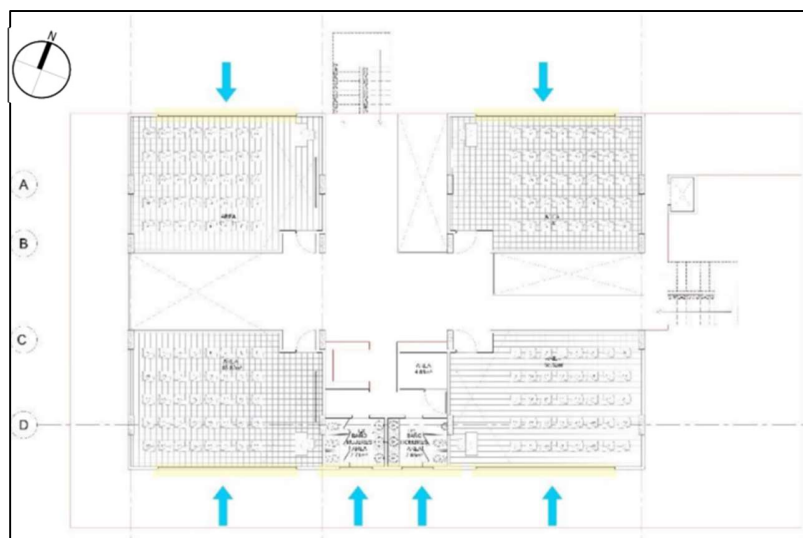
En cuanto a los materiales del proyecto: recomiendan como estrategia pasiva “aplicar masa térmica en pisos, paredes y/o techos de mampostería, que absorben y almacenan el calor solar durante el día para posteriormente cederlo” (Universidad del Cauca, 2021, pág. 15), y ayudarse con materiales de alta inercia térmica en la construcción de paredes, pisos y/o

techos, también recomiendan en el informe “que el techo interior o cielorraso sea de color claro y los pisos de un color semioscuro u oscuro, debido a su baja reflectividad y alta emitancia”. (Universidad del Cauca, 2021, pág. 16)

En el diseño final, las ventanas se orientan hacia el noreste y suroeste, con una altura máxima de 3 mts. Esto permite la entrada directa de luz solar, calentando naturalmente el espacio interior. Dado que estas orientaciones también captan los vientos predominantes, como se observa en la figura 43, se recomienda implementar una ventilación natural controlada. Para ello, las ventanas deben ser operables o regulables, evitando la disminución excesiva de la temperatura interior por los vientos orientales, y ubicadas de forma adyacente para maximizar la penetración y renovación del aire en el interior.

Figura 43

Ventilación natural



Nota: Estrategia de ventilación natural piso tipo del 2 al 4 piso del edificio de aulas - Unicauca

Fuente: Informe de bioclimática y Sostenibilidad Universidad del Cauca Autor: Universidad del Cauca

Protección solar, en el informe recurrieron a la aplicación de ángulos horizontales HSA, y los resultados se reflejan en la figura 44 y 45:

Figura 44

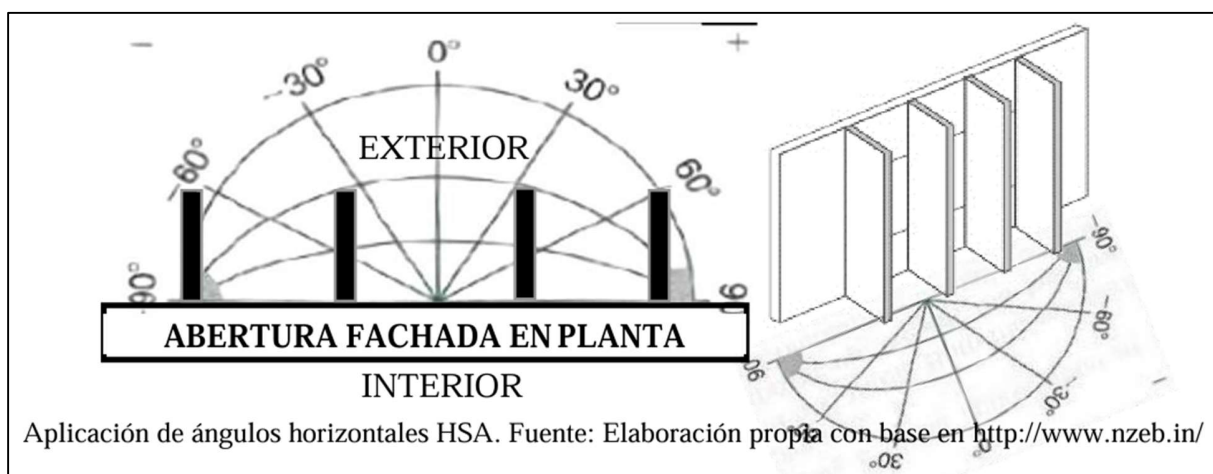
Dimensionamiento de Protección solar

DIMENSIONAMIENTO PROTECCION SOLAR						
PERIODO DEL AÑO	FACHADA	HORAS PROTECCION	AZIMUT	ALTITUD	ANGULO VERTICAL VSA	ANGULO HORIZONTAL HSA
Solsticio de invierno	SUR	15:00- 18:00	-133,6	48,5	48,9	9,4
Solsticio de verano	NORTE	09:00- 11:00	65,5	29,8	33,1	28,5
Solsticio de verano	OCCIDEN	15:00- 17:00	-65,6	28,7	29,3	-12,6
Solsticio de invierno	ORIENTE	09:00- 11:00	119,0	26,6	26,8	-8,0

Nota: Dimensionamiento protección solar Fuente: Informe de bioclimática y Sostenibilidad Universidad del Cauca Autor: (Universidad del Cauca, 2021, pág. 22).

Figura 45

Ángulos horizontales HSA



Nota: Aplicación de ángulos horizontales HSA Fuente: Informe de bioclimática y Sostenibilidad Universidad del Cauca Autor: (Universidad del Cauca, 2021, pág. 22)

De acuerdo al anterior cuadro y aplicación, y teniendo en cuenta que en el proyecto existen aberturas al oriente, occidente y sur, que son espacios para aulas, es decir, donde son zonas de estudio o lectura, “se debe agregar un elemento de sombreado denominado light shelf, el cual refleja al interior parte de la iluminación natural del exterior (debe tener una superficie reflectiva en la parte superior y estar ubicado por encima de la altura de una persona promedio), al mismo tiempo que proporciona sombra y evita deslumbramiento. Es también útil en espacios profundos con deficiencia de iluminación” (Universidad del Cauca, 2021, pág. 22); este light shelf, es un dispositivo arquitectónico horizontal, instalado generalmente en la parte exterior o interior de una ventana.

Respecto a las especificaciones del sistema y control de iluminación, junto con los niveles requeridos de iluminación natural, se considerará lo establecido en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público de Colombia (Retilap), el cual indica que es obligatorio asegurar un coeficiente de luz diurna natural superior al 2%, en el informe consideran que de acuerdo a los análisis realizados, la mayoría de los espacios, cumplen con los requerimientos normativos en calidad de aire interior y algunos espacios en confort térmico, también se debe tener en cuenta que el uso es para aulas de clase, de acuerdo al RETILAP (Reglamento técnico de Iluminación y alumbrado público), el nivel de iluminancia recomendado en la mayoría de los espacios es de mínimo 300 luxes y máximo 750 luxes.

Dentro del informe, realizaron dos simulaciones de diagnóstico, donde tuvieron en cuenta las condiciones climáticas más desfavorables, para poder desarrollar los cálculos. A continuación, en la figura 46, se muestran los datos de las dos simulaciones de diagnóstico, donde para la segunda, según indica el informe, se realizaron ajustes.

Figura 46

Datos de condiciones para cálculo para simulaciones

- Densidad de ocupación por espacio, que es la cantidad de personas por m² en los espacios objeto de análisis tiene valores variables en función del espacio, sin embargo, como valor general para la mayoría de las aulas es: 20 personas/40m² (área promedio) = 0,50. Otros espacios fueron modificados en su densidad de ocupación de acuerdo al número de personas referenciado en la tabla “Renovaciones de aire, tasa y tipo de ventilación para espacios del proyecto”.
- Los resultados de confort se refieren solo a los periodos ocupados. Respecto al horario de ocupación, esta se concentra en horas de jornada laboral de la siguiente manera:
 - 00:00 - 07:00 = 0%.
 - 08:00 – 18:00 = 100%. Lunes a sábado.
 - 18:00 – 24:00 = 0%.
- Factor metabólico: 0.8. Tasa metabólica: 127 W/persona. Actividad trabajo de oficina, de pie, caminando.
- La ventilación natural se modeló teniendo en cuenta las condiciones del viento en el sitio como dirección de vientos predominantes y frecuencias, así como la apertura de las ventanas en un 5%. Cuarto y quinto piso con un 22%.
- Características de los materiales:
 - Muros de fachada: Pañete (1cm) + Mampostería en arcilla (12cm) + Pañete (1cm) + Capa de aire (0.8 cm) + Vidrio (0.5 cm). U= 1.84 W.m² K.
 - Muros divisorios: Pañete (1cm) + Mampostería en arcilla (12cm) + Pañete (1cm). U= 1.97 W.m² K.⁵
 - Entrepiso: Concreto (75cm) + Afinado (4cm) + piso laminado vinilo (1cm). U=0.43 W.m² K.
 - Ventanería: SHGC= 0,55. TL= 0,50. U= 5,60.
 - Cubierta inclinada tipo sándwich con poliuretano inyectado o fibra de vidrio de 30 cm. U= 0.09 W/m² K
 - Cortasoles verticales: Panel Quadrobrise XL 300 vertical de 4,00 M X 0,085M x 0,30 m

Nota: Condiciones de frontera ingresadas para desarrollar los cálculos en una primera simulación de diagnóstico. Fuente: Informe de bioclimática y Sostenibilidad Universidad del Cauca Autor: (Universidad del Cauca, 2021, pág. 25)

En el informe, muestran unos ajustes de acuerdo con las características del diseño arquitectónico y que proponen para desarrollar la segunda simulación final, que se muestra en la figura 47:

Figura 47

Datos de ajustes de condiciones para cálculo para simulaciones

- Agregar un cortasol permeable sobre el segundo tramo de la rampa exterior, para tamizar la radiación incidente sobre el primer y segundo piso al costado oriental.
- Agregar una franja de rejillas de ventilación al costado inferior en la fachada de cada espacio con un ancho de 74 cm y con un área aproximada de 8% sobre el área vidriada que ocupaba por espacio. Se recomienda que sea de apertura controlada.
- Apertura de las ventanas en un 6.5% del área vidriada.
- Ventanería: vidrio laminado control solar 4 mm SHGC= 0,65. TL= 0,70. U= 5,60.
- Debido a las altas ganancias térmicas en los espacios que tienen dos fachadas esquineras del primer y segundo piso como el salacuna materno, se ha agregado un cortasol horizontal interno de 50 cm de ancho y a 74 cm de distancia del techo en uno de sus costados.
- Se eliminó un cortasol vertical de la fachada sur (pisos 4 y 5) para incrementar el FLD por encima del 2%.
- No se recomiendan materiales adicionales a los ya referidos debido a que se cumple con los requisitos normativos y de los estándares mencionados.

Nota: Condiciones de frontera ingresadas para desarrollar los cálculos en una primera simulación de diagnóstico. Fuente: Informe de bioclimática y Sostenibilidad Universidad del Cauca Autor: (Universidad del Cauca, 2021, pág. 26)

En cuanto a las Energías renovables y de ahorro de energía, en el informe, se puede resumir que: “Las estrategias propuestas para el ahorro de energía a aplicar en el proyecto son tres: 1. Bombillas ahorradoras de energía en espacios internos, 2. sensores fotoeléctricos para captar luz natural” (Universidad del Cauca, 2022, pág. 27), y 3. Generación de energía en paneles fotovoltaicos, a futuro, ya que no está contemplado en el diseño arquitectónico ni en presupuesto.

Para el Ahorro de agua y aguas residuales, una de las estrategias de ahorro recomendadas, es la instalación de aparatos sanitarios ahorradores de agua, y seguir la guía de la Res, 549 de 2015, donde según el informe: “Para proyectos educativos se recomienda incorporar accesorios

de conservación de agua como controlador aireador de flujo 2 LPM flujo, inodoro de descarga dual con 6/4.5 LPF y orinales de 1 LPF. Para el tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua se puede pensar en un sistema de tubería doble para transportar el agua lluvia captada, acumulada y tratada para descarga de sanitarios y para zonas de limpieza; se puede incorporar una planta de tratamiento si la salida de las aguas residuales sea mayor a 50 KLD [Kilo litros/día].” (Universidad del Cauca, 2022, pág. 42)

5. CAPITULO –METODOLOGÍA Y DIAGNOSTICO

El trabajo se sustenta en el conocimiento, mediante simulaciones computacionales, del comportamiento térmico y lumínico de dos casos estudio mencionados en el capítulo anterior. Estas simulaciones se complementaron con mediciones y encuestas en los casos en los que fue posible. Por tratarse de un edificio en construcción, en el edificio de aulas no se realizaron encuestas.

La metodología para la recolección de datos en el caso de estudio 1, que es la facultad de Artes, la cual es una edificación BIC, se realizó de la siguiente manera;

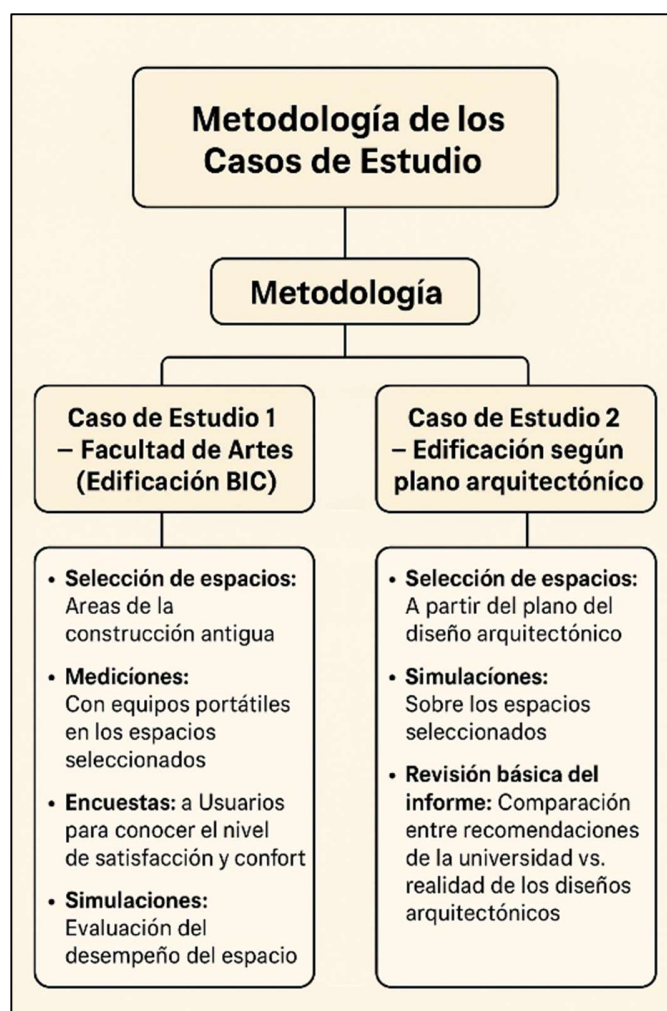
1. La selección de espacios se realiza dentro de las zonas correspondientes a la construcción antigua, considerando que, con el paso de los años, y conforme a las necesidades de la Universidad, se han llevado a cabo reformas, modificaciones y ampliaciones.
2. Mediciones: Ubicados los espacios seleccionados, se realizaron mediciones con equipos portátiles de temperatura, iluminación y nivel de ruido.
3. Encuestas: Ya que es un espacio en uso, se realizaron encuestas a los usuarios, para conocer el nivel de satisfacción referente al confort.
4. Simulaciones: Se realizaron simulaciones computarizadas de desempeño térmico e iluminación, con el fin de comparar la situación actual con una posible solución.

El segundo caso de estudio, que es la nueva edificación, la metodología fue diferente al primer caso, ya que este edificio se encontraba en construcción y no había espacios terminados ni usuarios. De acuerdo a lo anterior, la metodología de este segundo caso fue la siguiente.

1. Selección de espacios dentro del plano del diseño arquitectónico.
2. Simulaciones computarizadas, para conocer el posible desempeño térmico y de iluminación de algunas aulas.
3. Revisión básica del informe de las s recomendaciones de la universidad respecto a los diseños Arquitectónicos vs realidad.

Figura 48

Mapa conceptual



Nota: La imagen muestra gráficamente la metodología utilizada. Fuente: Propia

5.1. SELECCIÓN DE ESPACIOS A ANALIZAR

5.1.1. *Caso 1: La Facultad de Artes*

Está ubicada en una casona ubicada en la esquina de la carrera 6 con calle 3, frente al Banco de la República, originalmente esta casona fue construida en 1809, a mediados del siglo XIX es dividida en tres casas diferentes: la casa Angulo, la casa Arboleda y la casa Llanos, consta de cinco patios. En 1973 la Universidad del Cauca en 1973, adquirió primero la casa Angulo y posteriormente fue adquiriendo las otras dos. En 1985 fueron restauradas después del sismo de 1983. Hoy en día funcionan los programas de Artes Plásticas, Música y Diseño Gráfico, así como el Conservatorio, con salones equipados para clases teóricas y espacios especializados para artes plásticas, que cuentan con mobiliario específico como taburetes para pintura y grandes mesas para escultura.

Para determinar que salones se iban a analizar, se realizó un cuadro donde se recogió la información de la cantidad de horas de uso y se tuvo cuenta que tuvieran más de 10 horas a de uso a la semana con clases magistrales de más de 10 estudiantes por clase en cada salón.

Tabla 8

Resumen cantidad horas de uso en salones departamento de música

CLASES DEPARTAMENTO DE MUSICA						
Cuenta de clase	Etiquetas de columna					
Etiquetas de fila	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	Total general
100				2		2
206	2	4	4	2	1	13
207	2	3	3	2	4	14
208	2	6	2	4	5	19
209	3	1	1			5
211		2		2		4
212			2			2
215	3	4	2	2	3	14
223	5	5	3	9	3	25
302		1				1
Total general	17	26	17	23	16	99

Nota: Esta tabla muestra un resumen de la cantidad de horas en que se usan los diferentes salones

Fuente: Cartelera general del departamento de Música -Unicauca Autor: Propia.

En el departamento de música, se encuentran salones pequeños que se usan para practicas individuales de algún instrumento.

Igualmente se realizó con los salones del departamento de artes:

Tabla 9

Resumen cantidad horas de uso en salones departamento de artes

CLASES DEPARTAMENTO DE ARTES						
Cuenta de clase	Etiquetas de columna					
Etiquetas de fila	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	Total general
101		1		2		3
103	1	2	2	2	2	9
115	1	1	1	2	1	6
124		2	2	2	2	8
127		2	1	1	2	6
128		2	1	2		5
200		2	1		1	4
201	1					1
202	1	1		1	1	4
302		1	1	2		4
401			1	1		2
402	1	1				2
430	1	1				2
202 MAC		1				1
202 sala de sistemas			2			2
202-artes			2			2
auditorio maya	1	1	1	1	1	5
sala de sistemas	2					2
Total general	9	18	15	16	10	68

Nota: Esta tabla muestra un resumen de la cantidad de horas en que se usan los diferentes salones del departamento de artes Fuente: Cartelera general del departamento de Artes -Unicauca
Autor: Propia.

En este departamento se escogieron los salones 124 por tener más cantidad de horas a la semana, el salón 128 que tiene un uso de 5 veces a la semana, pero es un salón que solo tiene la puerta de acceso a salón como el único elemento de entrada de ventilación natural y se escogió el salón 202 de sistemas por los equipos de cómputo que están instalados.

A continuación, se relaciona el horario de los salones que son utilizados más veces por semana:

Tabla 10

Resumen horario en salones departamento de artes

CLASES DEPARTAMENTO DE ARTES						
Cuenta de clase	Etiquetas de columna					
Etiquetas de fila	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	Total general
124		2	2	2	2	8
2:00 pm a 6:00 pm		1	1	1	1	4
8:00 am-12:00 Pm		1	1	1	1	4
128		2	1	2		5
2:00 pm a 5:00 pm		1				1
2:00 pm a 6:00 pm				1		1
8:00 am-11:00 am		1	1			2
8:00 am-12:00 Pm				1		1
202	1	1		1	1	4
2:00 pm a 5:00 pm		1				1
2:00 pm a 6:00 pm				1	1	2
9:00 am-12:00 Pm	1					1

Nota: Esta tabla muestra los horarios en que se utilizan los salones del departamento de artes que tienen mayor frecuencia de uso. Fuente: Cartelera general del departamento de Artes -Unicauca
 Autor: Propia.

El departamento de música por el tipo de enseñanza y metodología propia de las carreras de este departamento, tiene salones especializados, algunos grupales y muchos otros con grupos reducidos. En el siguiente cuadro se muestra los horarios en que se utiliza el salón 215 en el transcurso del día:

Tabla 11*Resumen horario en salones departamento de música*

CLASES DEPARTAMENTO DE MUSICA						
Cuenta de clase	Etiquetas de columna					
Etiquetas de fila	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	Total general
215	3	4	2	2	3	14
10:00 am-12:00 pm	1					1
2:00 pm 4:00 pm	1					1
2:00 pm -4:00 pm					1	1
2:00 pm -4:00pm		2	1	1		4
4:00 pm - 6:00 pm		1				1
7:00 am -9:00 am					1	1
8:00 am-10:00am	1					1
9:00 am-12:00pm		1	1	1	1	4

Nota: Esta tabla muestra los horarios en que se utilizan los salones del departamento de música que tienen mayor frecuencia de uso Fuente: Cartelera general del departamento de Artes - Unicauca Autor: Propia.

Los salones seleccionados para las mediciones se ubican así:

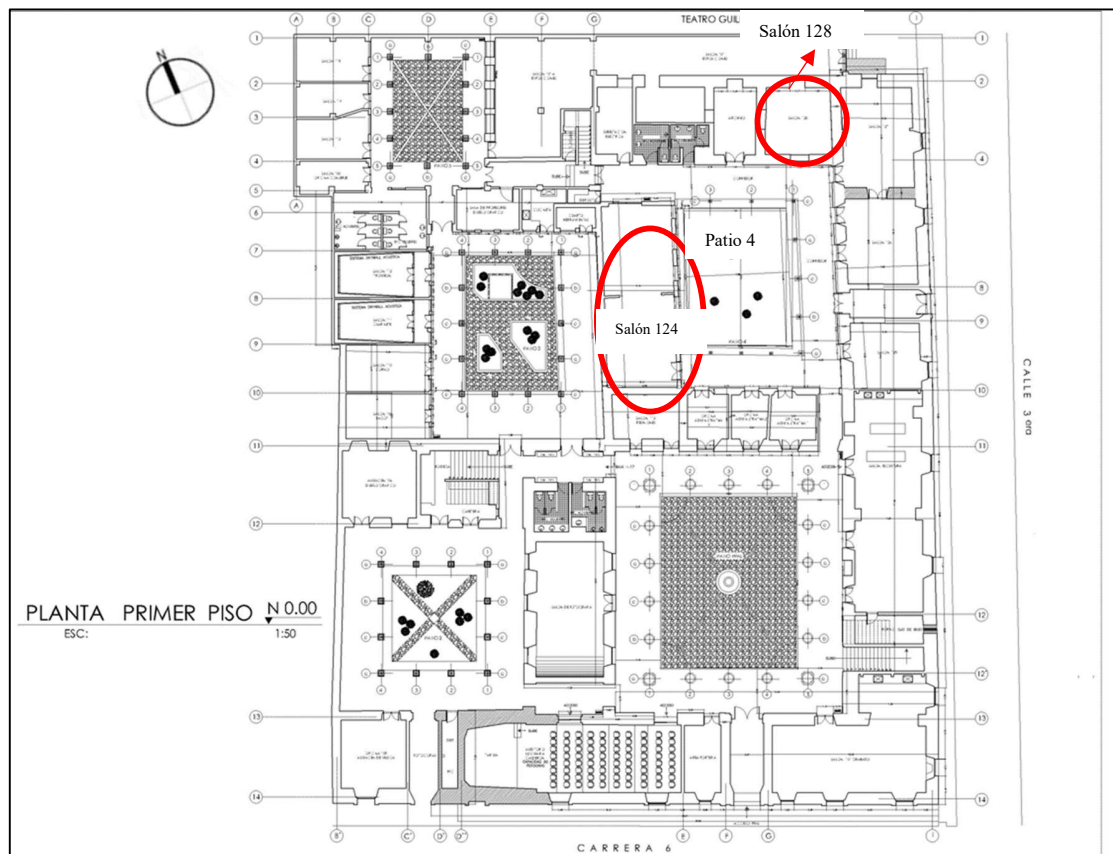
Primer piso: los salones 124 y 128, comparten el patio 4, en el cual existen dos árboles altos y esbeltos. El patio tiene corredores cubiertos entre el espacio abierto y los salones.

Segundo piso: salón 202 y 215. El salón 202 queda ubicado en el patio principal, una de sus fachadas se encuentra sobre la vía exterior. El salón 215 se encuentra entre el patio principal y el patio 2, como se describe anteriormente, los patios tienen a su alrededor corredores cubiertos, por tanto, este salón tiene en todo su perímetro corredores.

Localización de salones dentro de plantas arquitectónicas

Figura 49

Localización de salones dentro del primer piso en planta arquitectónica



Nota: Plano arquitectónico del primer piso, donde se ubican los salones 124 y 128

Fuente: Departamento de Mantenimiento -Universidad del Cauca. Autor: Propia

Figura 50*Registro fotográfico salón 124*

Nota: Registro fotográfico interior y exterior salón 202 Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca Autor: Propia.

El salón 124 se encuentra ubicado en el patio 4, un lateral de este salón colinda directamente hacia el patio, con un alero, los demás laterales se encuentran dentro del edificio y colindan con corredores u otros espacios; Es utilizado para clases de pintura y escultura, cuenta con una puerta de doble nave en madera, una puerta doble acristalada con vidrio figurado en uno de los laterales internos, 5 ventanas en madera con naves, que dan hacia el patio 4, las cuales en las visitas realizadas no las abren, la puerta acristalada no es utilizada, mantiene cerrada con llave, las ventanas se abren de acuerdo a la necesidad de sus usuarios; Tiene un área de 75.84 m²

Figura 51

Fotografía de ventanas parte interna del salón 124



Nota: En esta imagen se muestran las ventanas desde el interior, donde están cerradas y hay iluminación artificial Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca Autor: Propia

Figura 52

Registro fotográfico salón 128



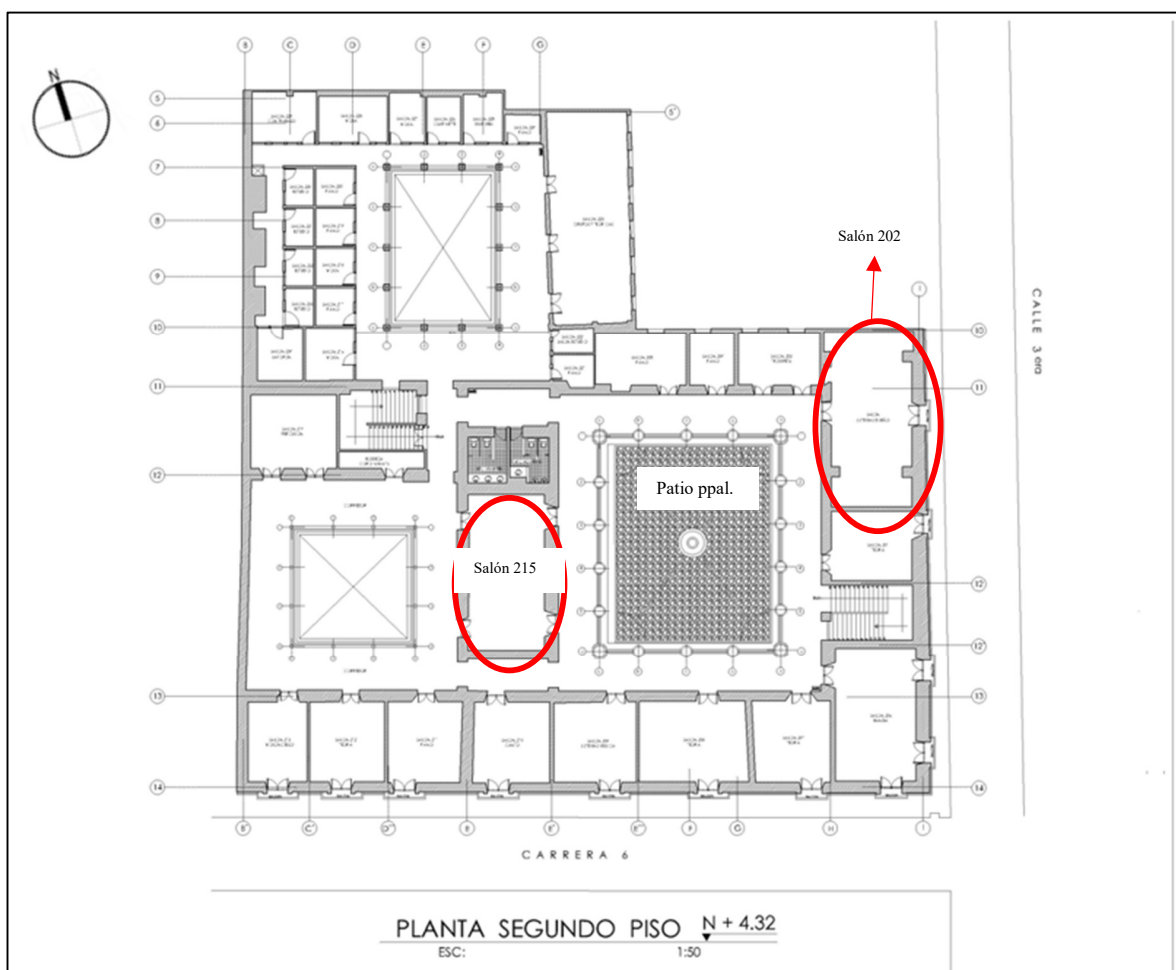
Nota: Interior Salón 128 (vista exterior, vista interna, vista de iluminación natural existente)

Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca Autor: Propia

Ubicado en el patio 4, es un espacio que consta de una puerta de acceso y una ventana que esta sellada porque colinda con el salón de exposiciones, por lo tanto, es un espacio sin iluminación ni ventilación natural.

Figura 53

Localización de salones dentro del segundo piso en planta arquitectónica



Nota: Plano arquitectónico del segundo piso, donde se ubican los salones 202 y 215 Fuente:

Departamento de Mantenimiento -Universidad del Cauca. Autor: Propia

El salón 202, es un espacio de 68,29 m², cuenta con única una puerta de acceso en la cual se ingresa desde un corredor interno de la edificación y una ventana hacia vía pública muy transitada. La ventana existente es insuficiente para brindar iluminación natural adecuada a un espacio de esta área. Este salón es utilizado como sala de sistemas, por tanto, tiene equipos electrónicos prendidos en cada clase y dentro de este espacio se encuentra el Rak de telecomunicaciones, el cual permanece encendido y emite sonidos y alarmas sonoras en forma de pitos cortos que se repiten en determinados intervalos de tiempo.

Figura 54

Registro fotográfico salón 202



Nota: Registro fotográfico exteriores salón 202 Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca

Autor: Propia

Figura 55*Registro fotográfico salón 202*

Nota: Registro fotográfico interior salón 202 Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca

Autor: Propia

Es un espacio de 68,29 m², consta de una puerta de acceso y una ventana hacia vía pública muy transitada. La ventana existente es insuficiente para brindar iluminación natural adecuada a un espacio de esta área. Este salón es utilizado como sala de sistemas, por tanto, tiene equipos electrónicos prendidos en cada clase y dentro de este espacio se encuentra el Rak de telecomunicaciones, el cual permanece encendido y emite sonidos y alarmas sonoras en forma de pitos cortos que se repiten en determinados intervalos de tiempo.

El salón 215 es utilizado para clases grupales de teoría y/o coro. Tiene un área de 59.70 m². El acceso se localiza en el segundo piso del patio 2, cuenta con 2 puertas (está habilitada 1) y 4 ventanas (puertas ventanas a las cuales les han instalado reja en madera fija que no permiten que se utilicen como puertas), las ventanas no se abren con frecuencia, debido a que en el segundo piso hay salones del departamento de música y el ruido interfiere con los niveles de atención y demás actividades de las clases impartidas en este espacio.

Figura 56

Registro fotográfico salón 215



Nota: Imágenes de los pasillos exteriores que rodean el salón 215 Fuente: Facultad de artes - Universidad del Cauca Autor: Propia.

Figura 57

Registro fotográfico salón 215

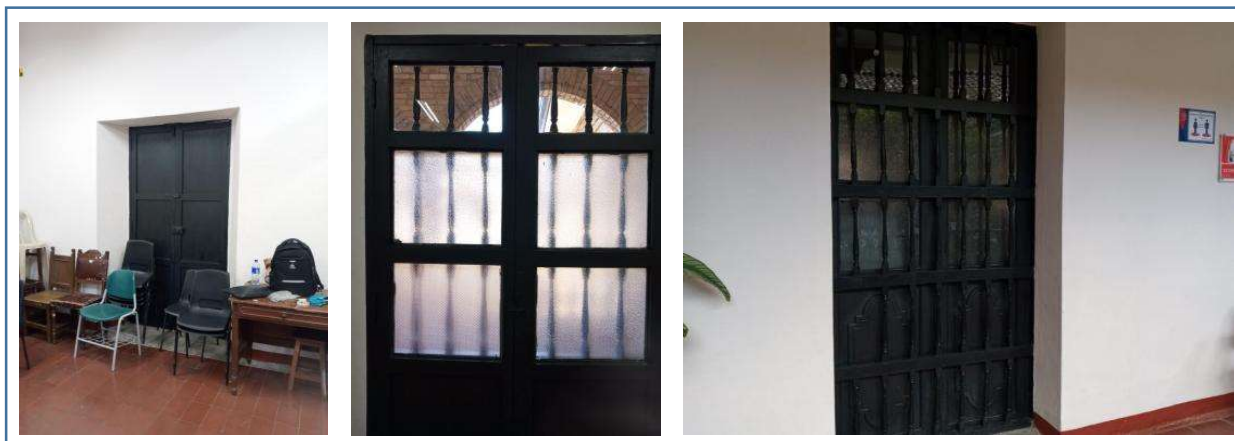


Nota: Imágenes del interior del salón 215 Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca Autor: Propia.

El salón 215 tiene varios tipos de carpintería en madera en puertas y ventanas, hay puertas que se encuentran selladas o no se usan, hay puertas ventanas combinadas con madera y vidrio, y con rejas en madera, como se observan en la figura 61.

Figura 58

Registro fotográfico carpintería en madera salón 215



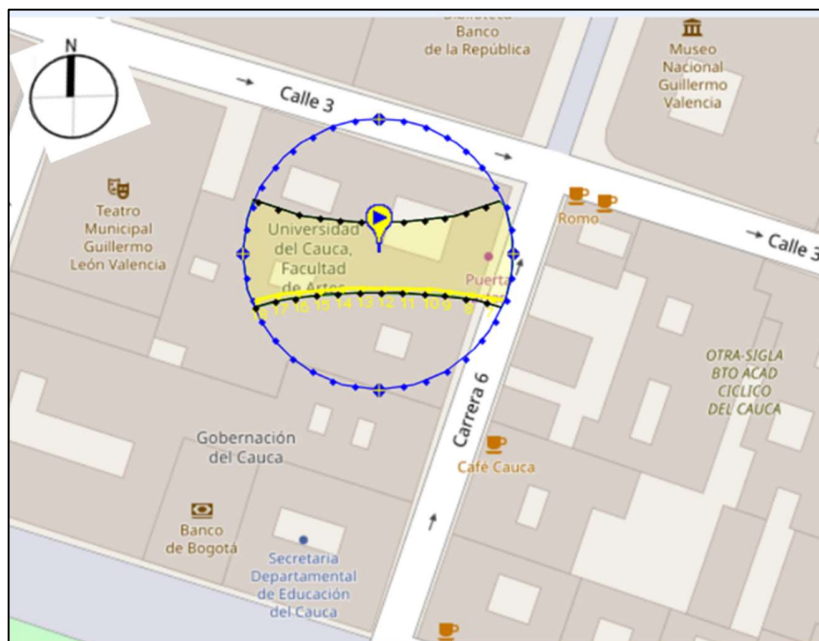
Nota: Imágenes del tipo de puertas y ventanas existentes del salón 215 Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca Autor: Propia.

5.1.1.1. Orientación, ventilación e iluminación de salones Facultad de artes a analizar

La edificación donde se encuentra la facultad de artes de la Universidad del Cauca, se encuentra dentro de la parte urbana, conforma gran parte de la manzana, tiene una forma casi cuadrada, en la figura 59, se observa la orientación.

Figura 59

Orientación del edificio de artes

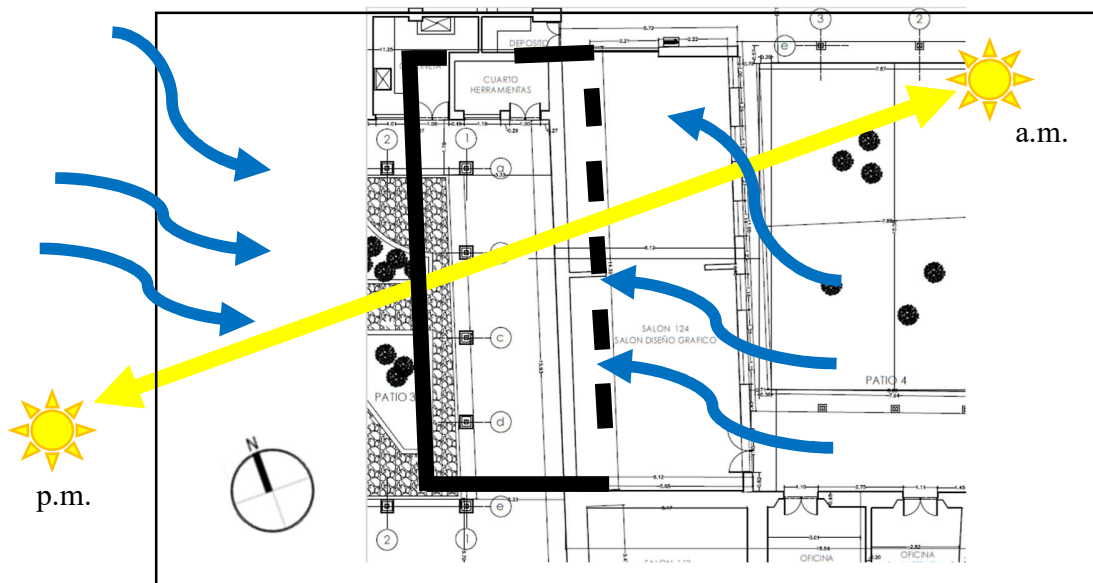


Nota: Ubicación y orientación de la facultad de artes Fuente: Google Earth Autor: Propia.

Al encontrarse el salón 124 ubicado en el primer piso, están conformados por 3 muros colindantes a corredores y/o oficinas, solo tiene un muro que tiene poca radiación directa. En cuanto a la ventilación natural al estar ubicado en un primer piso, con construcción de dos pisos o más en la dirección noroeste, no le llegan los vientos predominantes de esta dirección, los vientos predominantes son los este-sur, que es donde se encuentran ubicadas ventanas a lo largo de este espacio, tal y como se ve en la figura 60.

Figura 60

orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 124

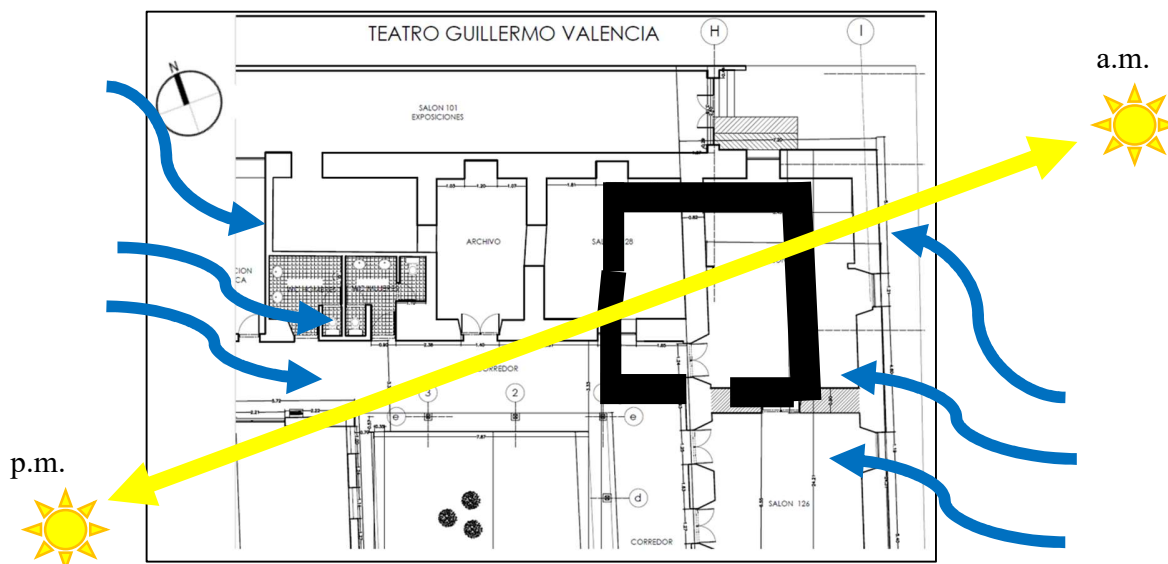


Nota: Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 124. Autor: Propia.

El salón 128 también ubicado en el primer piso, todos los muros se encuentran colindantes a corredores y/o otros espacios (salones u oficinas), por lo tanto ningún muro tiene contacto con radiación directa, este salón tiene cubierta, además que no cuenta con ninguna ventana habilitada, que implica que la ventilación natural solo se puede ingresar por la puerta, cuando se encuentra abierta, pero no hay ventilación cruzada, tal como se observa en la figura 61.

Figura 61

Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 128

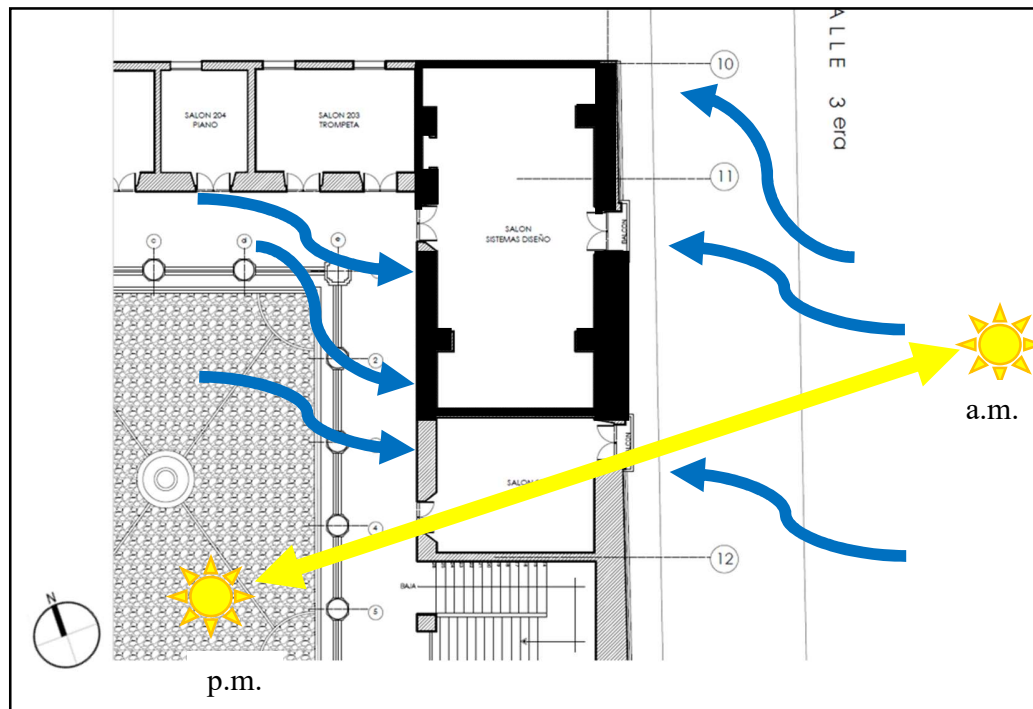


Nota: Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 128. Autor: Propia.

El salón 202 ubicado en el segundo piso, cuenta con dos muros pertenecientes a la fachada del edificio, por lo tanto tiene contacto con radiación directa, y los otros dos muros, son colindantes a corredores u otros salones, este salón tiene cubierta. Cuenta con una sola ventana que es la única abertura por donde puede ingresar ventilación natural, tal como se observa en la figura 62. Este salón tiene cubierta en teja de barro.

Figura 62

Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 202

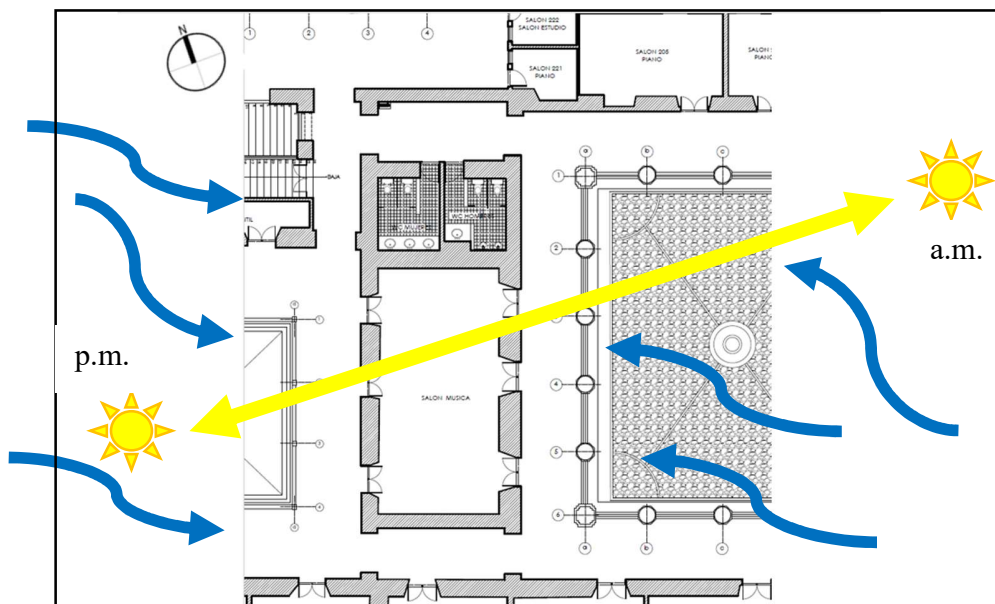


Nota: Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 202. Autor: Propia.

El salón 215 ubicado también en el segundo piso, cuenta con sus cuatro muros colindantes con corredores, ninguno tiene contacto con radiación directa, este salón tiene cubierta en teja de barro. Cuenta con una sola ventana que es la única abertura por donde puede ingresar ventilación natural, tal como se observa en la figura 63. Este salón tiene cubierta en teja de barro.

Figura 63

Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 215



Nota: Orientación del sol y dirección de los vientos para el salón 215. Autor: Propia.

La relación ventana-pared (RVP) en edificaciones patrimoniales en donde su arquitectura colonial tiene muros de gruesos con ventanas pequeñas, permite diagnosticar ineficiencias térmicas, donde hay predominio excesivo de superficies opacas (muros sólidos sin aberturas) sobre las ventanas o transparencias, dando como resultado que esta relación ventana-pared sea muy baja, ya que los muros bloquean la luz natural, generando dependencia de iluminación artificial, aumentando el consumo energético y reduciendo la ventilación natural, tal y como se observa en la tabla 12.

Tabla 12*Relación ventana-pared de los salones analizados*

RELACION VENTANA PARED			
FACULTAD DE ARTES			
ESPACIO	ÁREA VENTANAS	ÁREA PARED	RELACION VENTANA- $RVP = \frac{\text{Área de ventanas}}{\text{Área bruta de pared exterior}} \times 100$
SALON 124	5,59	43,2	12,94%
SALON 128	Ninguno de los muros tiene contacto directo con el exterior		0,00%
SALON 202	3,808	43,05	8,85%
SALON 215	Ninguno de los muros tiene contacto directo con el exterior		0%

Nota: La relación ventana-pared se puede realizar en los salones que tienen muros que están directamente expuestas al clima exterior. Autor: Propia.

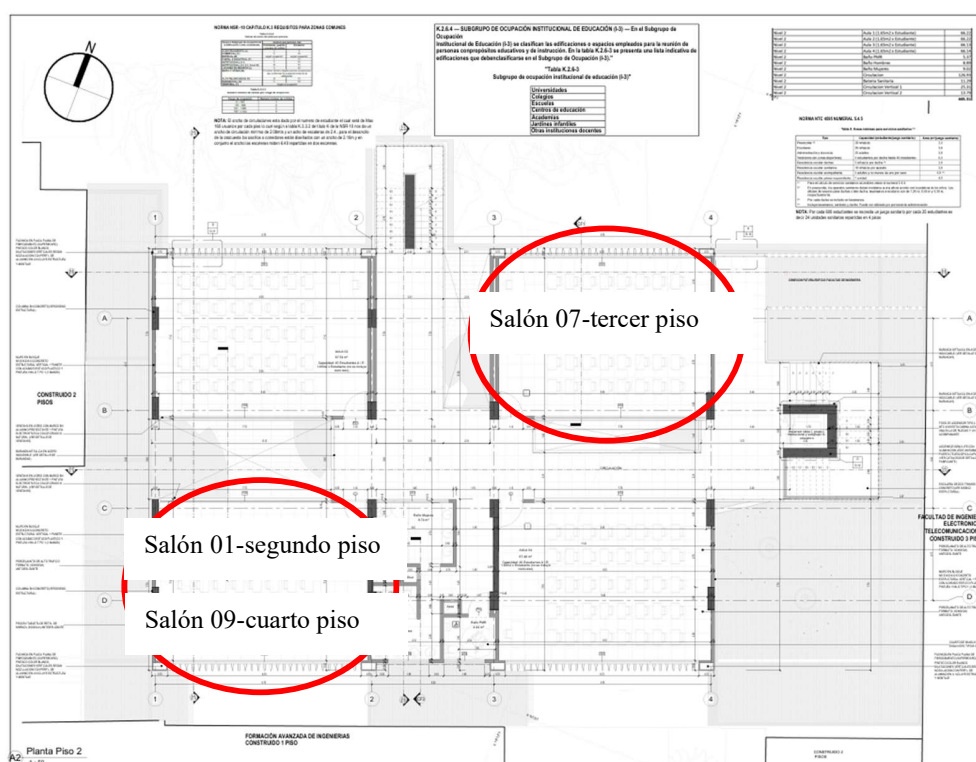
5.1.2. Caso 2: Edificio de Aulas-Sector Tulcán.

A la fecha del inicio de este trabajo, y cuando se estaba realizando el trabajo de campo, el edificio de aulas de la Universidad del Cauca, en el sector de Tulcán, se encontraba en ejecución, mientras se desarrolla la revisión de este trabajo, el edificio fue terminado, por lo tanto, los espacios que se escogieron para analizar, en ese tiempo, todavía no estaba en uso, y se escogieron espacios que pudieran ser comparables en cuanto al uso con los espacios del caso.

La numeración de las aulas del edificio, se inicia desde el segundo piso y va avanzando por cada piso donde existan aulas. Para el análisis se escogieron 3 aulas, ubicadas entre el segundo y cuarto piso, y a su vez, en diferentes localizaciones internas y que, en el momento de analizar, estuvieran aptas para ingresar de acuerdo al avance de construcción del momento.

Figura 64

Ubicación de aulas dentro de planta tipo arquitectónica Edificio Aulas



Nota: Ubicación de las aulas, dentro de la planta tipo del edificio nuevo de aulas, dentro del campus de Tulcán de Unicauca- Popayán, Colombia. Fuente: Universidad del Cauca. Autor: Grupo M&M consultoría sas.

Las aulas que se analizaron son la 01 ubicada en el segundo piso, el aula 07 ubicada en el tercer piso y el aula 09 ubicada en el cuarto piso debajo de la terraza ubicada en el quinto piso.

El aula 01 ubicada en el segundo piso, tiene un área de 67.54 m², con capacidad para 40 estudiantes, su sistema constructivo consta de pantallas en concreto, muros en bloque de hormigón, losa aligerada en concreto.

Figura 65

Registro fotográfico de aula 01

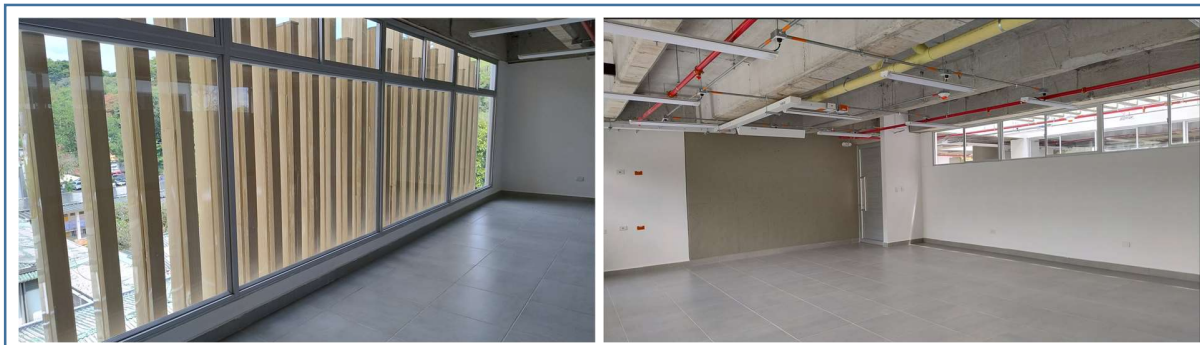


Nota: Imágenes del interior del aula 01 en segundo piso en construcción Fuente: Edificio Aulas -Sector Tulcán -Universidad del Cauca Autor: Propia

Esta aula al igual que las demás, tiene sobre la fachada posterior, ventanal de piso a techo, por toda la longitud del espacio, con pantallas en concreto a la vista, estuco y pintura sobre los muros en bloque, sin cielo falso, por lo tanto, todas las instalaciones que pasan por el espacio están a la vista, tiene un sistema de cortasol vertical en el exterior sobre la fachada y hacia el interior, cuenta con ventanas superiores de 0.75 mt a lo largo del espacio con naves móviles que colindan con corredor interno del edificio, piso en porcelanato mate gris, altura aproximada de 2.65 mts entre la parte inferior de la viga y el piso terminado.

Figura 66

Registro fotográfico de aula 01



Nota: Imágenes del interior del aula 01 en segundo piso terminado Fuente: Edificio Aulas -Sector Tulcán -Universidad del Cauca Autor: Propia

El aula 07 está ubicada en el tercer piso, tiene un área de 67.37 m², con capacidad para 40 estudiantes, su sistema constructivo es igual al descrito en el aula 01, se encuentra con un contexto de grupo de árboles de gran tamaño, que le alcanzan a ofrecer sombra en horas de la tarde

Figura 67

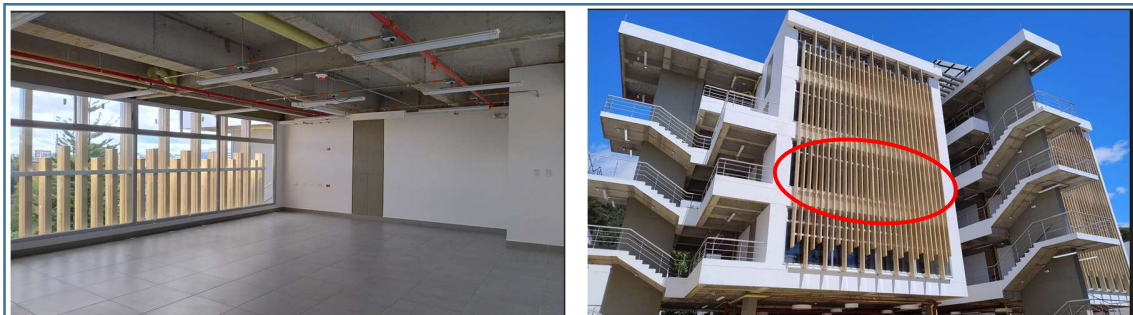
Registro fotográfico aula 07 tercer piso



Nota: A la izquierda una imagen interna del aula en construcción y a la derecha imagen del aula vista desde fachada. Fuente: Edificio Aulas -Sector Tulcán -Universidad del Cauca. Autor: Propia

Figura 68

Registro fotográfico de aula 07



Nota: A la izquierda el interior del aula 07 en tercer piso terminado y a la derecha el aula vista desde la fachada terminada Fuente: Edificio Aulas -Sector Tulcán -Universidad del Cauca Autor: Propia.

El aula 09 tiene un área igual al aula 01, de 67.54 m², con capacidad de 40 estudiantes, se encuentra en el cuarto piso y su cubierta es el piso del espacio que funciona como terraza, por lo tanto, tendrá una radiación directa, a pesar de que la terraza tendrá una cubierta con pérgolas y policarbonato. Su sistema constructivo es igual al descrito en el aula 01, está ubicado sobre la fachada posterior, donde no existe protección alguna, está totalmente despejado ya que las edificaciones son de menor altura.

Figura 69

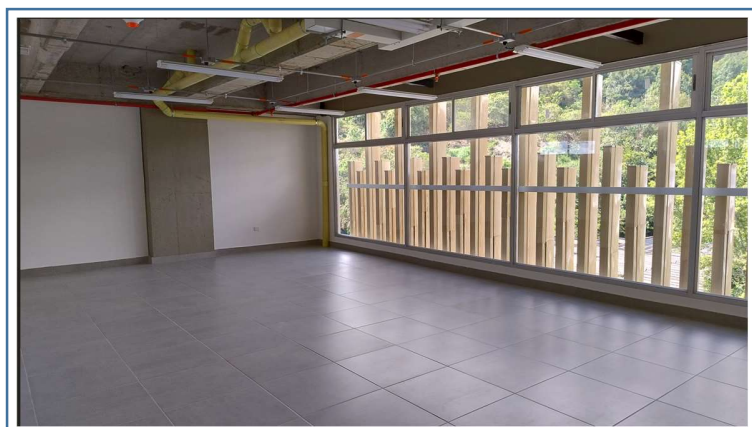
Registro fotográfico aula 09 cuarto piso



Nota: interior del aula 09 en cuarto piso en construcción. Fuente: Edificio Aulas -Sector Tulcán - Universidad del Cauca Autor: Propia

Figura 70

Registro fotográfico aula 09 cuarto piso



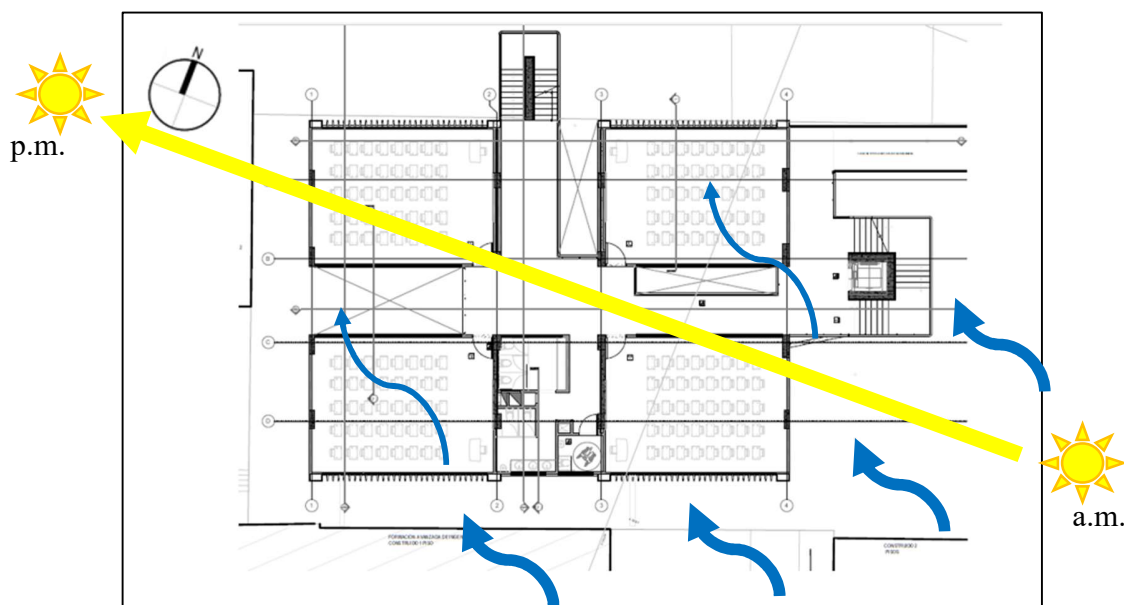
Nota: interior del aula 09 en cuarto piso terminado. Fuente: Edificio Aulas -Sector Tulcán - Universidad del Cauca Autor: Propia

5.1.2.1. Orientación, ventilación e iluminación de salones Edificio de Aulas

Los salones están ubicados entre el segundo piso y el quinto piso, por lo tanto el análisis de la orientación del sol y la dirección de los vientos, se está realizando en la planta tipo, de acuerdo a la figura 72. La radiación solar en horas de la tarde es recibida por la fachada posterior, la cual está compuesta por ventanales que están con protección solar mediante cortasoles verticales; Estos ventanales tienen sistemas combinados, en su mayoría son fijos y en la parte superior son corredizas, y en la parte posterior de cada salón, tienen ventanas corredizas en la parte superior, que permiten la ventilación cruzada

Figura 71

Orientación solar y dirección de los vientos



Nota: Trayectoria del sol en la posición de salones del segundo al quinto piso y dirección de los vientos predominantes. Fuente: Edificio Aulas -Sector Tulcán -Universidad del Cauca Autor: Propia.

La relación ventana-pared (RVP) resulta fundamental para equilibrar iluminación natural, ventilación y eficiencia térmica. En el edificio de aulas, las dos fachadas acristaladas generan una RVP extremadamente alta, como se observa en la tabla 13, un rasgo común en diseños modernos que exigen compensación térmica, evidente en la incorporación de cortasoles verticales.

Tabla 13

Relación ventana-pared de los salones analizados

RELACION VENTANA PARED			
EDIFICIO DE AULAS			
ESPACIO	ÁREA VENTANAS	ÁREA PARED	RELACION VENTANA-PARED
			$RVP = \frac{\text{Área de ventanas}}{\text{Área bruta de pared exterior}} \times 100$
SALON TIPO	21,315	2,175	980,00%

Nota: Los salones tiene un diseño tipo, por lo cual tiene las mismas dimensiones en todos los pisos, la relación ventana-pared aplica para todos los salones. Autor: Propia.

5.2. DIAGNOSTICO

En el estudio de Caso de la facultad de Artes, los salones a analizar, se clasificaron según los ambientes pedagógicos y las características ambientales que dicta la NTC 4595, de la siguiente manera:

- Salón 128 Ambiente A - Aula de clase
- Salín 124: Ambiente C - Aula de artes plásticas
- Salón 202 Ambiente C - Aula de tecnología
- Salón 215: Ambiente F - Salón de música

Teniendo en cuenta que el caso estudio de la Facultad de Artes, funciona dentro de una edificación patrimonial BIC, el análisis de los espacios mencionados anteriormente, se basaran en los conceptos y criterios generales básicos que menciona la norma NTC 4595, dentro de los numerales mencionados anteriormente.

En el periodo en que se tuvieron disponibles los equipos para realizar mediciones, la facultad de artes, estuvo disponible, el edificio de aulas, estaba en construcción y no se logró realizar mediciones, para este caso se recogió la información climático exterior, tomada de la estación meteorológica localizada dentro del campus de Tulcán.

Se recogió la información climática interna de la casona de artes, a través de método cuantitativo, donde se utilizó equipos portátiles, también se recogió información climática exterior tomada de estación meteorológica localizada dentro del campus de Tulcán.

Para conocer las condiciones térmicas y lumínicas del edificio BIC de la facultad de Artes, se utilizaron equipos portátiles, como los dataloger HOBO y EXTECH, que se instalaron por un periodo de 15 días aproximadamente para registrar la temperatura y humedad relativa.

Otro método que se utilizó para el diagnóstico, en la facultad de artes, fue la encuesta a usuarios de los espacios, esta se realizó a un grupo de 13 estudiantes, que toman clases en los salones escogidos para tomar mediciones y donde se dictan clases magistrales, ya que los otros salones manejan clases más libres, o de ensayos de diferentes instrumentos musicales; el tipo de encuesta realizada fue estructurada (cerrada), la cual manejó preguntas con opciones de respuesta predeterminadas.

Figura 72*Equipos de medición utilizados*

EQUIPOS UTILIZADOS PARA REGISTRAR MEDICIONES		
EQUIPO	IMAGEN	TIPO DE MEDICION REGISTRADA
DATALOGGER PORTATIL EXTECH USB RTH10.		Tempertura (°C) y humedad relativa (%) en espacios interiores
HOBO DATA LOGGER ONSET		Tempertura (°C) / humedad relativa (%) / Luz (lux)
LUXÓMETRO EN APLICACIÓN DE CELULAR		Iluminancia (lx) de espacios interiores
MEDIDOR DE NIVEL DE SONIDO		Niveles de sonido (dB)

Nota: En este cuadro se muestran los diferentes equipos manuales que se utilizaron para registrar mediciones de temperatura, humedad relativa, iluminancia, niveles de sonido Fuente: Equipos de medición en préstamo de la Universidad Javeriana Cali. Autor: Propia

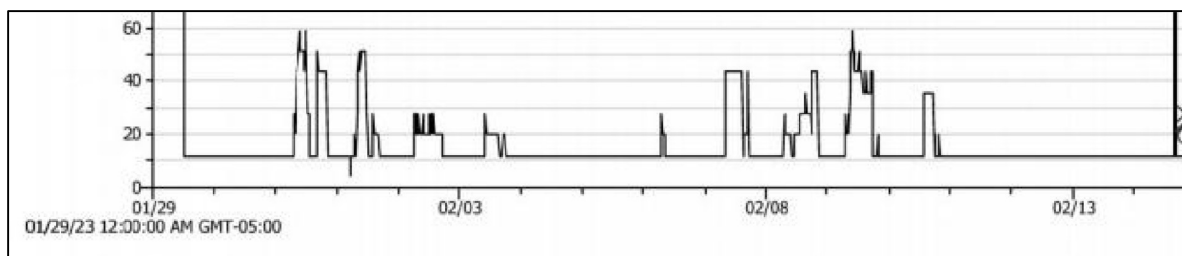
Para las mediciones se tomaron datos diarios, por un periodo de 14 días, para los salones 128 y 202 la toma de datos se realizó en diciembre del 2022 y para los salones 124 y 215 la toma de datos se realizó en enero del 2023. La encuesta se realizó en diciembre del 2022, donde todavía no se había instalado el equipo.

Antes de iniciar con los registros de datos del equipo, este se calibro de la siguiente manera:

Para comprobar si el luxómetro de la aplicación del celular, registraba las mediciones correctamente, se realizó en el salón 124 un registro con el datalogger HOBO Onset y el celular, registrando mediciones con ventanas cerradas, y abiertas, dando como resultado mediciones similares, como se muestra a continuación:

Figura 73

Gráfico de iluminación salón 124



Nota: En este cuadro se muestran los diferentes rangos de iluminación que se registran en el salón 124 Fuente: Datalogger HOBO Onset Autor: Propia

Esta gráfica registra variaciones entre 0 lux, que es la registrada cuando el aula 124 se encuentra totalmente cerrado, sin abrir ventanas, y alcanza 60 lux cuando las ventanas están abiertas. Se observa que predomina 10 lux aproximadamente más constante, este registro al estar en el sitio, se puede ver que la puerta en muchos periodos de tiempo en el cual es usado este salón

está abierta, y los picos o registros más puntuales que se ven en la gráfica, muestran cuando abren ventanas y se debe tener en cuenta que siempre se utiliza iluminación artificial, independiente del uso de las ventanas.

Figura 74

Registro en luxómetro de aplicación en celular



Nota: En este cuadro se muestran el rango de iluminación que se registran en el salón 124, cuando se tiene la puerta cerrada y sin uso de iluminación artificial, y con iluminación artificial Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: Propia

En la medición mediante la aplicación, se registró 0 lux de iluminación natural, con ventanas cerradas y 65 lux con ventanas abiertas y puerta abierta.

De acuerdo a esta comparación, se observa similitud del registro de mediciones de iluminación de los dos equipos, por lo tanto, las mediciones de iluminación, se realizaron con este dispositivo.

5.2.1. Medición

En cada uno de los salones escogidos en la facultad de artes, se realizaron mediciones de temperatura y humedad, el equipo utilizado es el data logger portátil USB extech, el cual se colocó en diferentes ubicaciones, de acuerdo al espacio y las condiciones físicas y de seguridad que se encontró en cada uno.

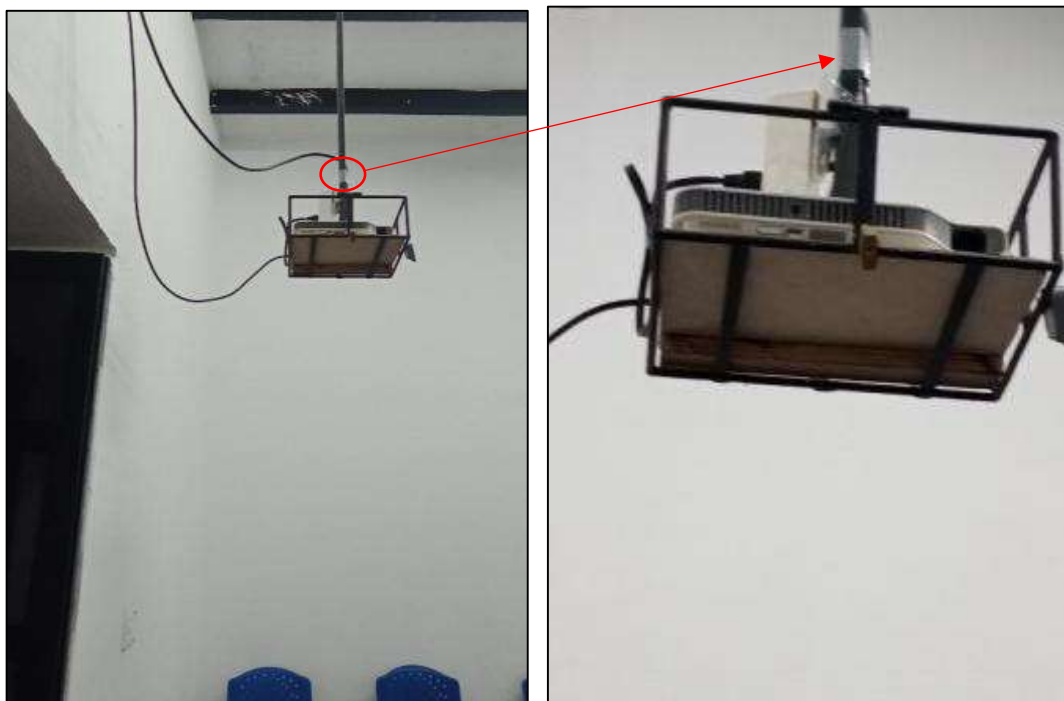
En el salón 128, se colocó sobre el soporte de video beam, que se encuentra dentro del salón y el cual no fue utilizado, ya que la época en que se realizaron las mediciones, los estudiantes salieron a vacaciones, esto también permitió mayor seguridad en dejar este periodo de tiempo el equipo.

La medición sonora, de todos los salones, se realizó con el equipo medidor de sonido EXTRECH, durante 5 min, se realizó en un solo día, el día 7 de diciembre y se escogió el día en que el nivel del ruido era mayor, debido a que los estudiantes estaban en exámenes finales, y se encontraban diferentes instrumentos sonando en diferentes salones, estudiantes practicando en corredores y patios.

Las mediciones de iluminación, se realizaron mediante luxómetro, también se tomaron en un solo día para todos los salones, se tuvieron en cuenta dos factores que inciden directamente en esta medición, como mantener las entradas de iluminación cerradas y abiertas.

Figura 75

Ubicación dataloger EXTECH en el salón 128



Nota: En esta imagen, se muestra la ubicación donde se instaló el datalogger dentro del salón 128

Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca Autor: Propia

Tabla 14

Información de toma de registro de datalogger EXTECH salón 128

SALON	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	CANTIDAD DIAS	FRECUENCIA DE TOMA DE DATOS	REGISTRO TOMADO
128	26/10/2022	8/11/2022	14	cada 30 min	Temperatura y humedad

Nota: En esta tabla, se registra el tiempo, fechas y frecuencias en que se instaló el equipo dentro

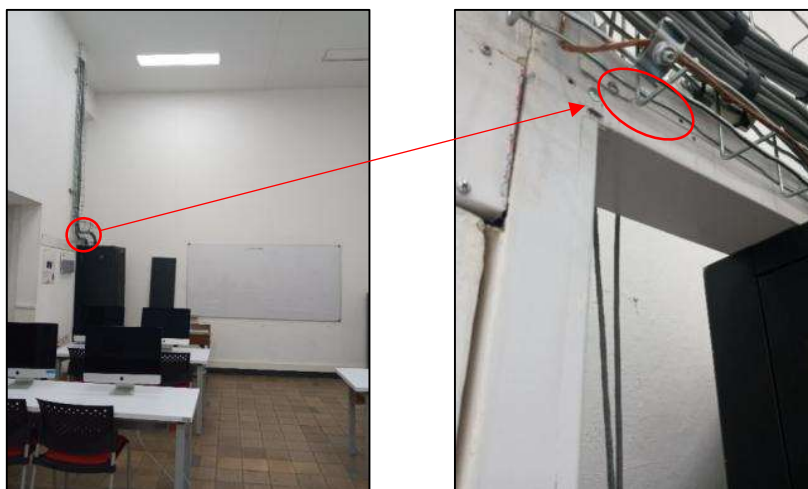
del salón 128 Fuente: Datalogger EXTECH Autor: Propia

En cuanto a mediciones de iluminación, para el salón 128 sólo se realizó en una sola fecha, debido a que es espacio físico es totalmente cerrado, solo tiene una puerta de acceso en madera, la única ventana con la que cuenta, esta sellada, por lo tanto, no hay cambios en cuanto a registros en mediciones, si se realizaran en diferentes fechas y horas, ya que siempre utiliza iluminación artificial.

En el salón 202, el equipo datalogger portátil USB extech, se colocó en la canastilla de los cables sobre el rak (gabinete de telecomunicaciones) que se encuentra en el salón.

Figura 76

Ubicación datalogger EXTERCH en salón 202



Nota: En esta imagen, se muestra la ubicación donde se instaló el datalogger dentro del salón 202

Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca Autor: Propia

Tabla 15

Información de toma de registro de datalogger EXTECH salón 202

SALON	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	CANTIDAD DIAS	FRECUENCIA DE TOMA DE DATOS	REGISTRO TOMADO
202	26/10/2022	8/11/2022	14	cada 30 min	Temperatura y humedad

Nota: En esta tabla, se registra el tiempo, fechas y frecuencias en que se instaló el equipo dentro del salón 202 Fuente: Datalogger EXTECH Autor: Propia

En el salón 124, el equipo datalogger portátil HOBO, se colocó amarrados sobre canaleta plástica, ubicada en el cielo falso, aproximadamente a 4 mts de altura.

Tabla 16

Información de toma de registro de datalogger HOBO Sonset salón 124

SALON	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	CANTIDAD DIAS	FRECUENCIA DE TOMA DE DATOS	REGISTRO TOMADO
124	29/01/2023	14/02/2023	17	cada 15 min	Temperatura, humedad e iluminación

Nota: En esta tabla, se registra el tiempo, fechas y frecuencias en que se instaló el equipo dentro del salón 124 Fuente: Datalogger HOBO Sonset Autor: Propia

Figura 77

Ubicación datalogger HOBO Sonset en salón 124



Nota: En esta imagen, se muestra la ubicación donde se instaló el datalogger dentro del salón 124

Fuente: Facultad de artes -Universidad del Cauca Autor: Propia

Para el caso 2, debido a que no se lograron instalar equipos por estar en construcción, se utilizaron software, para modelar y simular comportamiento energético y simulación de iluminación.

5.2.2. Encuesta

Para conocer la percepción de los usuarios sobre la calidad del ambiente, se realizó una encuesta de tipo descriptivo, con cuestionario estructurado utilizando opciones cerradas, donde se trató aspectos relacionados con el ambiente acústico, la iluminación, y el confort ambiental dentro de las aulas. En el momento de obtener el permiso para ingresar a las instalaciones y llevar a cabo la visita, se encontraban en el periodo de exámenes finales, por tanto no se desarrollaban clases magistrales en la mayoría de salones: en el aula 128 ya no estaba en uso, en el salón 124 la exposición final se llevó a cabo fuera del aula y el salón 202, destinado a sistemas, tampoco estaba

siendo utilizado. Por esta razón, se aprovechó la presencia de estudiantes en la última clase magistral que se impartía en el salón 215, considerando que estos estudiantes también asisten a clases en otros salones como el 202 y 128.

La encuesta se realizó a un grupo de estudiantes del salón 215 del departamento de música, mediante formularios de Google, una aplicación web que resulta familiar y accesible para los jóvenes, ya que permite responder en línea desde sus teléfonos celulares.

Figura 78

Modelo de la encuesta aplicada

Encuesta ¿Cómo se siente en el espacio?

Esta encuesta tiene como objetivo la recolección de información de percepción del nivel de confort de una persona dentro de un espacio en edificaciones de patrimonio arquitectónico con reuso adaptativo a instituciones educativas para posterior análisis, dentro de trabajo de grado de maestría en Habitat Sustentable. No hay respuestas correctas o incorrectas. No tiene algún tipo de riesgo, debido a que no se necesita información personal.

1. 1. Genero

Marca solo un óvalo.

Masculino

Femenino

Otro

2. 2. Edad

Marca solo un óvalo.

15 a 20 años

21 a 25 años

26 a 30 años

31 a 35 años

más de 36 años

3. 3. Que tipo de usuario es en el espacio

Marca solo un óvalo.

Estudiante

Profesor

Empleado de la institución

Visitante

¿Otro?

<p>4. ¿Hace cuanto vive en la ciudad de Popayán?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> Es su ciudad Natal</p> <p><input type="radio"/> menos de 1 año</p> <p><input type="radio"/> Entre 1 y 2 años</p> <p><input type="radio"/> Entre 3 y 5 años</p> <p><input type="radio"/> Mayor a 5 años</p>	<p>6. ¿A qué hora utiliza este espacio?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> 6:00 am a 9:00 am</p> <p><input type="radio"/> 9:00 am a 11:00 am</p> <p><input type="radio"/> 11:00 am a 2:00 pm</p> <p><input type="radio"/> 2:00 pm a 4:00 pm</p> <p><input type="radio"/> 4:00 pm a 6:00 pm</p>
<p>5. ¿En qué lugar vivía antes de vivir en Popayán? (En caso de estar recientemente radicado en Popayán)</p> <p>_____</p>	<p>7. ¿Que actividad realiza en este espacio?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> Recibe clase magistral (tomando apuntes)</p> <p><input type="radio"/> Lecto-escritura</p> <p><input type="radio"/> lecto-escritura-uso computador</p> <p><input type="radio"/> Recibe clase con algún instrumento musical</p> <p><input type="radio"/> Recibe clase con algún material audiovisual</p>

<p>8. ¿El ruido exterior que usted percibe en este espacio proviene de?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> Trafico vehicular</p> <p><input type="radio"/> Ruidos provenientes de la calle</p> <p><input type="radio"/> Ruidos provenientes de otros espacios internos</p> <p><input type="radio"/> No percibe ningún ruido</p> <p><input type="radio"/> Algún instrumento musical</p> <p><input type="radio"/> Otro: _____</p>	<p>9. ¿De acuerdo al uso que se le esta dando a este espacio, usted como considera que el nivel de ruido de este espacio deber ser?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> Muy bajo</p> <p><input type="radio"/> Bajo</p> <p><input type="radio"/> Medio</p> <p><input type="radio"/> Un poco alto</p> <p><input type="radio"/> Alto</p> <p><input type="radio"/> Muy alto</p>
	<p>10. ¿Como le gustaria que fuera el ruido que se percibiera en este espacio?</p> <p>_____</p>

11. 11. ¿Cuando usted utiliza este espacio, como es la iluminación?

Marca solo un óvalo.

Artificial (las lamparas de iluminación siempre estan encendidas)

Natural (La luz natural del día entra por las ventanas)

Mixto (Se necesitan los dos tipos de iluminación anterior para tener una buena iluminación)

12. 12. ¿Como percibe la iluminación de este espacio para la actividad que esta haciendo?

Marca solo un óvalo.

Muy oscuro

Insuficientemente iluminado, considero qu es necesario encender la iluminación artificial

Ligeramente iluminado

Suficientemente iluminado

Muy iluminado

Demasiado iluminado

Excesivamente iluminado

13. 13. ¿Las ventanas existentes en este espacio se abren?

Marca solo un óvalo.

SI

NO

Algunas veces

14. 14. ¿Las ventanas existentes en este espacio se abren?

Marca solo un óvalo.

SI

NO

Algunas veces

15. 15. ¿Como le gustaria que estuviera este espacio, para que usted se sienta muy cómodo y confortable realizando su actividad?

Marca solo un óvalo.

Más iluminación natural

Mejor ventilación natural

Mejor Acústica

Considero que necesita Aire Acondicionado

Considero que necesita mas luz artificial

Demasiado iluminado

Excesivamente iluminado

16. 16. ¿Por que lugar siente usted la entrada de aire o viento en el espacio?

Marca solo un óvalo.

Ventanas abiertas

Puerta abierta

No se siente entrada de aire o viento

17. 17. ¿Cómo percibe el aire que respira en el espacio?

Marca solo un óvalo.

Olor a humedo

Mal olor

No siente ningún tipo de aroma en el ambiente

18. 18. ¿Como le gustaria que fuera el aire que percibe en el espacio?

<p>19. 19. ¿Cómo es la temperatura tiene el espacio?</p> <p>Marca solo un óvalo.</p> <p><input type="radio"/> fría</p> <p><input type="radio"/> templada</p> <p><input type="radio"/> Calor</p>	<p>21. 21. ¿Qué sensación térmica le gustaría que tuviera el espacio, para que usted estuviera muy cómodo usando el espacio?</p> <p>Marca solo un óvalo.</p> <p><input type="radio"/> Un poco de frío</p> <p><input type="radio"/> frío</p> <p><input type="radio"/> Mucho frío</p> <p><input type="radio"/> un poco de calor</p> <p><input type="radio"/> calor</p> <p><input type="radio"/> Mucho calor</p> <p><input type="radio"/> le gusta como esta</p>
<p>20. 20. ¿Cómo siente la temperatura en este espacio?</p> <p>Marca solo un óvalo.</p> <p><input type="radio"/> Un poco de frío</p> <p><input type="radio"/> frío</p> <p><input type="radio"/> Mucho frío</p> <p><input type="radio"/> un poco de calor</p> <p><input type="radio"/> calor</p> <p><input type="radio"/> Mucho calor</p>	<p>22. 22. ¿Teniendo en cuenta que está dentro de un edificio de patrimonio arquitectónico nacional, que mejora le gustaría realizar para que se sintiera mucho mas confortable en el espacio?</p> <p>_____</p>

Nota: Encuesta creada digital. Fuente: Google forms Autor: Propia

5.2.3. Simulación Computacional

Se manejaron dos programas computacionales, con los cuales se realizó modelado en 3D con las condiciones físicas actuales como ubicación de puertas y ventanas, modelado de la volumetría y el contorno inmediato de los espacios a evaluar, en los dos softwares se utilizaron los parámetros climáticos de archivos epw, tomados de la plataforma climate onebuilding, con datos referentes a la ciudad de Popayán de la estación climatológica ubicada en el aeropuerto Guillermo León Valencia. Se simularon gráficas de comportamiento térmico y de iluminación natural.

En el caso 1 referente a espacios de la facultad de artes, para las simulaciones de los salones 128, 202 y 215 se utilizó el software Rhinoceros V.6 y grasshopper (ladybug y Honeybee). Se

usaron algoritmos, para crear los materiales autóctonos: muros en tapia pizada, cubierta en teja de barro y permite obtener graficas de desempeño térmico e iluminación.

En el salón 124 y 215, se utilizó el software DesignBuilding 6.0, el cual permite generar una volumetría con condiciones similares a la del espacio analizado y a los sistemas constructivos, que permite generar simulación de iluminación. También se utilizó el Rhinoceros V.6 y grasshopper que permite obtener gráficas de confort, desempeño térmico y lumínico.

En el caso de estudio 2 referente al edificio nuevo de aulas, se utilizó el software DesignBuilding 6.0, el cual permitió obtener graficas de desempeño térmico de las aulas, con el software Rhinoceros V.6 y honey bee o ladybug de grasshopper, se obtuvieron simulaciones de iluminación de las aulas.

5.2.4. Resumen del diagnóstico en salones Facultad de Artes

Para lograr determinar la temperatura de confort adaptativo en el interior de un espacio donde las personas puedan percibir como cómoda, mediante el modelo adaptativo de la norma ASHRAE 55, se calcula el rango de confort como se observa en la figura 79:

Figura 79

Confort adaptativo

RESULTADO DE TEMPERATURA CONFORT ADAPTATIVO EN SALONES DE EDUCACIÓN EN LA CIUDAD DE POPAYÁN			
HORARIO ENTRE LAS 8:00 am y 8:00 p.m	TEMPERATURA EXTERIOR	FORMULA DE CONFORT ADAPTATIVO $17,6+0,31*T_{m\ ext}$	TEMPERATURA ZONA DE CONFORT +2,5°C Y - 2,5°C
CONFORT ADAPTATIVO	21,3	24,2	ENTRE 21,7°C A 26,7°C

Nota: Con el resultado del rango de temperatura considerada confortable y que un ser humano puede adaptarse, se puede comparar con otros espacios. Autor: Propia

Con el rango de temperatura de confort, se comparan las condiciones actuales de temperatura interior, iluminación, ventilación y confort acústico, como se muestra en la figura 79:

Figura 80

Resumen del diagnóstico de salones en la facultad de artes

RESUMEN DE DIAGNOSTICO EN EDIFICIO PATRIMONIAL				
	TEMPERATURA	ILUMINACIÓN	VENTILACIÓN	ACÚSTICA
ENCUESTAS DE USUARIOS DE LOS SALONES ANALIZADOS	Ambiente frío a templado	Iluminación artificial óptima; Iluminación natural es insuficiente, no se utilizan los espacios- se necesita combinar la iluminación artificial y natural - les gustaría utilizar más la iluminación natural	Les gustaría mejorar la ventilación natural- el 45,2% perciben olor a humedad.	Mejorar la acústica de los salones
MEDICIONES SALON 124	19°C a 23°C Y 70% a 78% Humedad	Iluminación natural: entre 9 Lux a 65 Lux (dependiendo de la distancia a la ventana abierta); Iluminación artificial: 78 lux	De acuerdo a la arquitectura existente del espacio, no hay ventilación cruzada, por lo tanto el aire no se renueva adecuadamente.	entre 68,7 db a 73,5 db
MEDICIONES SALON 128	16°C Y 84% Humedad	Iluminación natural: 0 lux Iluminación artificial: 78 Lux	De acuerdo a la arquitectura existente del espacio, no existe ventilación, solo cuenta con una puerta de ingreso, por lo tanto el aire no se renueva adecuadamente y predomina el olor a humedad.	58,2 db
MEDICIONES SALON 202	23°C Y 74% Humedad	Iluminación natural: entre 33 lux a 158lux (dependiendo de la distancia a la ventana abierta) Iluminación artificial: 174 lux	De acuerdo a la arquitectura existente del espacio, no hay ventilación cruzada, por lo tanto el aire no se renueva adecuadamente. Al tener una ventana y puerta ubicada en el muro opuesto, hace que tenga una ventilación unilateral, y no permite que se generen corrientes de aire.	entre 60 y 66 db
MEDICIONES SALON 215	18°C a 22°C Y 75% a 85% Humedad	Iluminación natural: entre 9 lux a 12 lux (dependiendo de la distancia a la ventana abierta) Iluminación artificial: 216 lux	De acuerdo a la arquitectura existente del espacio, existen ventanas o puerta-ventanas en los muros contrarios, pero poco se abren al mismo tiempo, debido a la ubicación del salón el cual queda rodeado de corredores, contraproducente para cuando se dictan clases magistrales.	63,1 db
COMFORT ADAPTATIVO DE ACUERDO A SIMULACION COMPUTACIONAL SALON 128	Ausencia parcial de confort térmico en el interior. Solo el 40% del día este salón llega a una temperatura confortable de 24°C, el 60% del día está por debajo de los 18°C	Iluminación natural: entre 0 Lux y alcanza 400 lux si se está ubicado a 2 mts de la puerta de ingreso y esta esté abierta.	N/A	N/A
COMFORT ADAPTATIVO DE ACUERDO A SIMULACION COMPUTACIONAL SALON 124	En horario entre 6:00 am y 6:00 pm. Se registra temperaturas entre 20°C a 23,55°C aproximadamente	Iluminación natural: entre 0 lux cuando se está alejado de las ventanas abiertas y alcanza 800 lux si se está ubicado a 1,5 mts de las ventanas abiertas.	N/A	N/A
COMFORT ADAPTATIVO DE ACUERDO A SIMULACION COMPUTACIONAL SALON 202	Ausencia parcial de confort térmico en el interior. La temperatura de este espacio en la mañana hasta medio día se registran por debajo de los 20°C y del medio día hasta las 6 pm se registran por debajo de los 24°C	Iluminación natural: entre 0 lux en aproximadamente el 95% del salón y alcanza de 200 lux a 400 lux si se está ubicado a 0,5 mts de puerta y ventana abierta.	N/A	N/A
COMFORT ADAPTATIVO DE ACUERDO A SIMULACION COMPUTACIONAL SALON 215	En horario entre 6:00 am y 6:00 pm. Se registra temperaturas entre 20°C a 22,78°C aproximadamente	Iluminación natural: entre 0 lux en un 40% del salón y alcanza de 200 lux en el centro del espacio con las ventanas abiertas y alcanza 600 lux, si se está ubicado muy cerca de las ventanas abiertas.	N/A	N/A

Nota: Resumen del diagnóstico de cada salón analizado. Autor: Propia.

6. CAPÍTULO - RESULTADOS

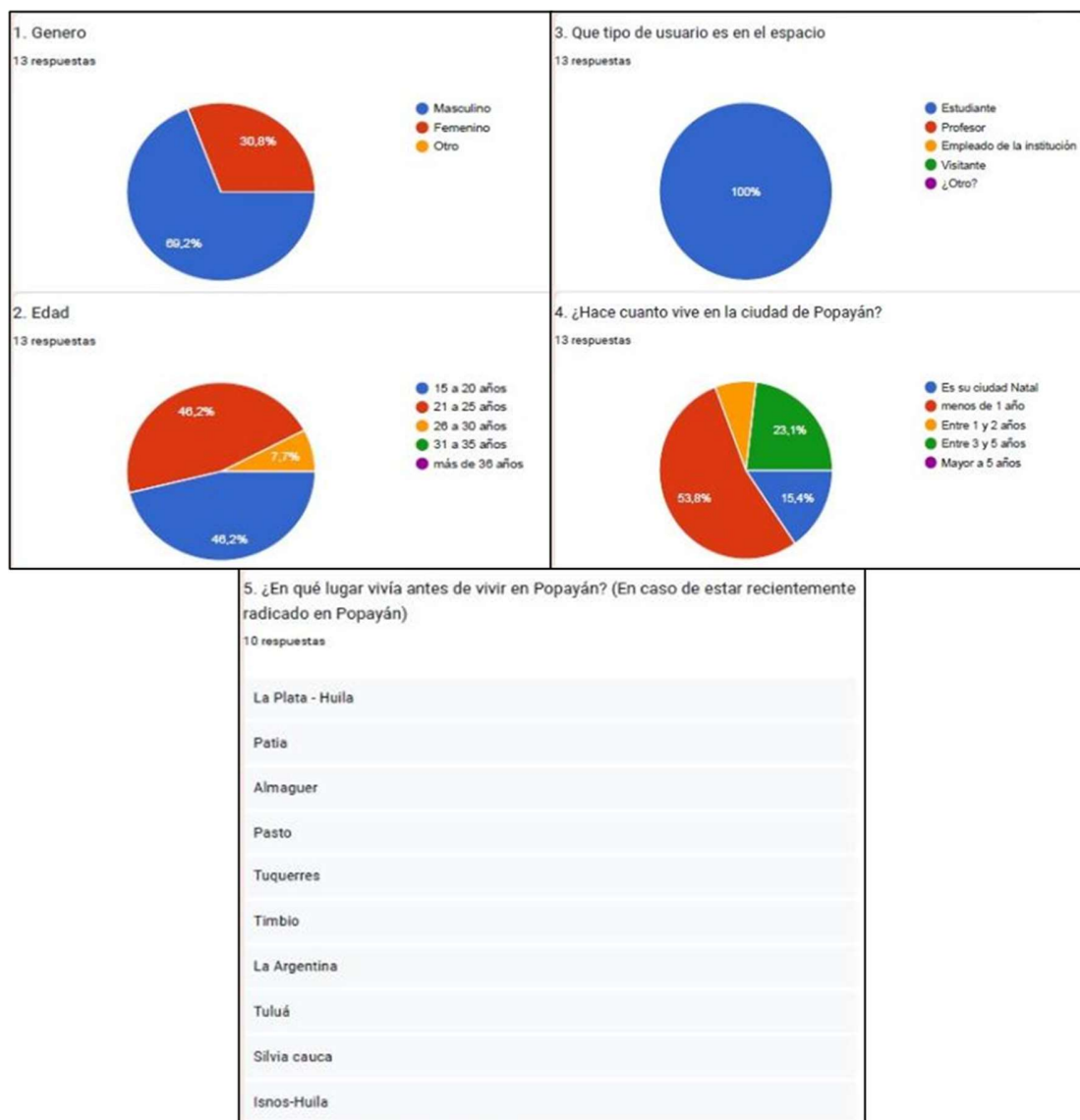
6.1. Resultados de encuesta

La encuesta fue contestada por 13 estudiantes, donde los resultados muestran que la mayoría de las personas encuestadas son hombres jóvenes entre 15 y 25 años y las mujeres jóvenes tienen menos de 25 años, todos estudiantes, lo que define que el grupo poblacional están comenzando su vida adulta y sus opiniones y respuestas cuando se trató de profundizar en las respuestas fueron algo indecisas, o no se preocupan o dieron a entender la falta de interés en su entorno inmediato. Al indagar más profundo el tema, ya se lograron detectar ciertas incomodidades en la comodidad en el ambiente que no se vieron reflejadas en los resultados de la encuesta.

Otro factor relevante a considerar es que el 84.6% de los estudiantes encuestados no son originarios de la ciudad de Popayán, mientras que únicamente el 14.4% proviene de esta. Esto implica que solo una minoría está familiarizada con las condiciones climáticas propias de la ciudad, mientras que los demás pueden provenir de zonas con condiciones térmicas más cálidas o más frías, y pueden experimentar una percepción diferente de confort térmico, lo que influye en su nivel de comodidad dentro de los espacios analizados.

Figura 81

Resultados generales identificación de población de estudio



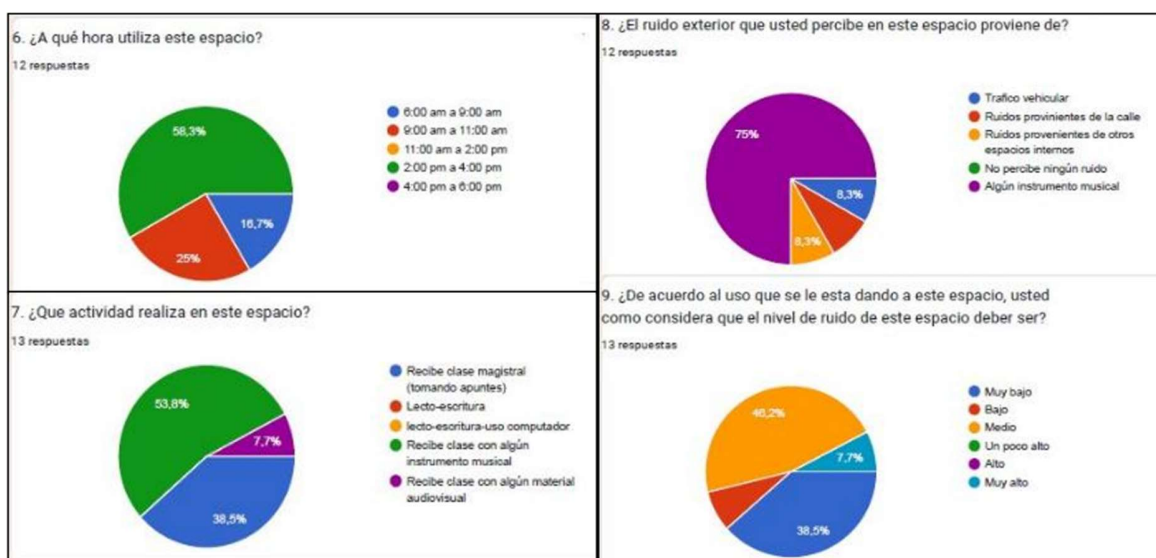
Nota: Encuesta creada digital. Fuente: Google forms Autor: Propia

En los resultados obtenidos que se verán en la siguiente figura 74, indican que el espacio analizado (salón 215), se utiliza predominantemente por estos estudiantes en la jornada de la tarde y está destinado principalmente a actividades académicas que combinan la exposición oral con el uso de recursos audiovisuales. La mayoría de los usuarios dieron como respuesta que no perciben

ruidos externos, sin embargo al preguntar si en determinadas actividades que realizan como evaluación de técnica vocal, cambiaron y dieron respuesta que prefieren mantener un nivel de ruido bajo o muy bajo, para que no interfiera en sus actividades, por lo tanto, muestra la importancia y necesidad de que esté espacio tenga un control acústico para garantizar un adecuado confort y desempeño académico dentro del aula.

Figura 82

Resultados de percepción del espacio

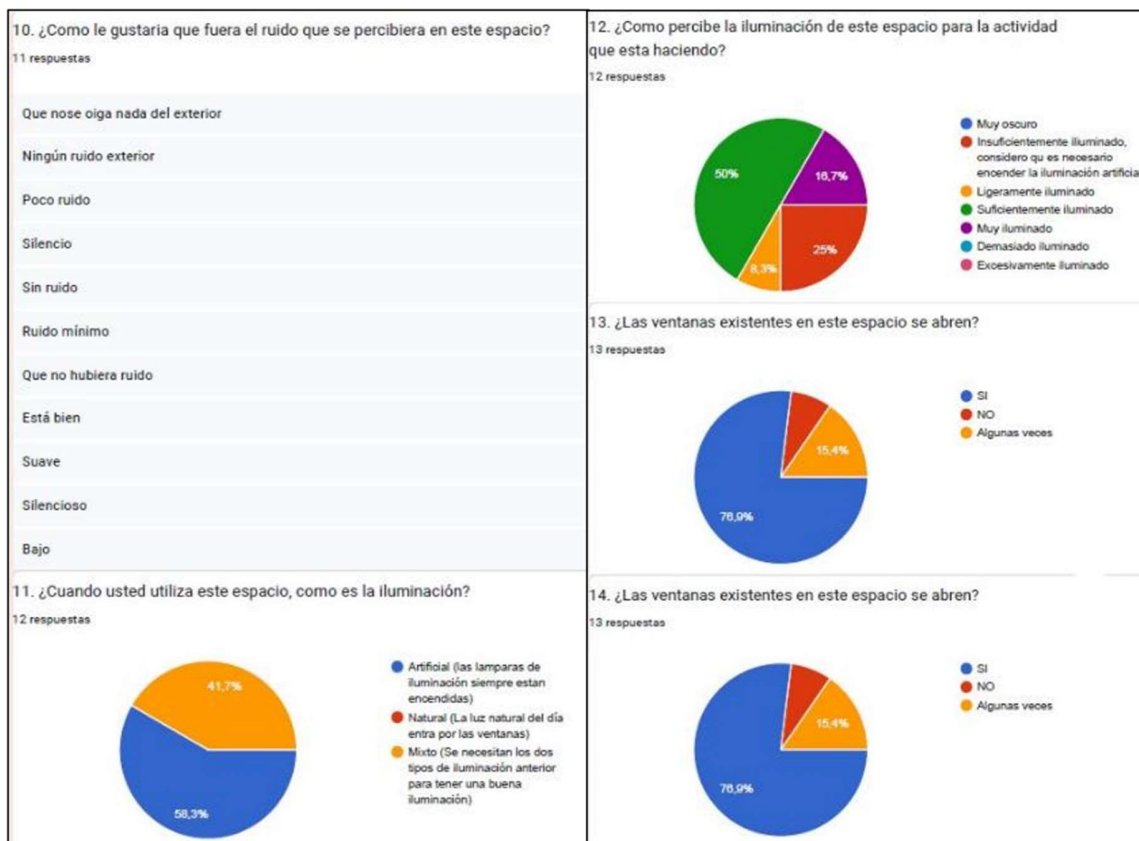


Nota: Encuesta creada digital. Fuente: Google forms Autor: Propia

Los resultados de la figura 75, muestran que los usuarios valoran positivamente las condiciones lumínicas generales, aunque se debe tener en cuenta que en esta aula predomina la iluminación artificial, en porcentaje más bajo pero considerable se necesita iluminación mixta, no hay respuesta para la iluminación natural, esto indica la importancia de incorporar estrategias de aislamiento sonoro y optimización lumínica, con el fin de promover un entorno más confortable.

Figura 83

Resultados de percepción del espacio en iluminación



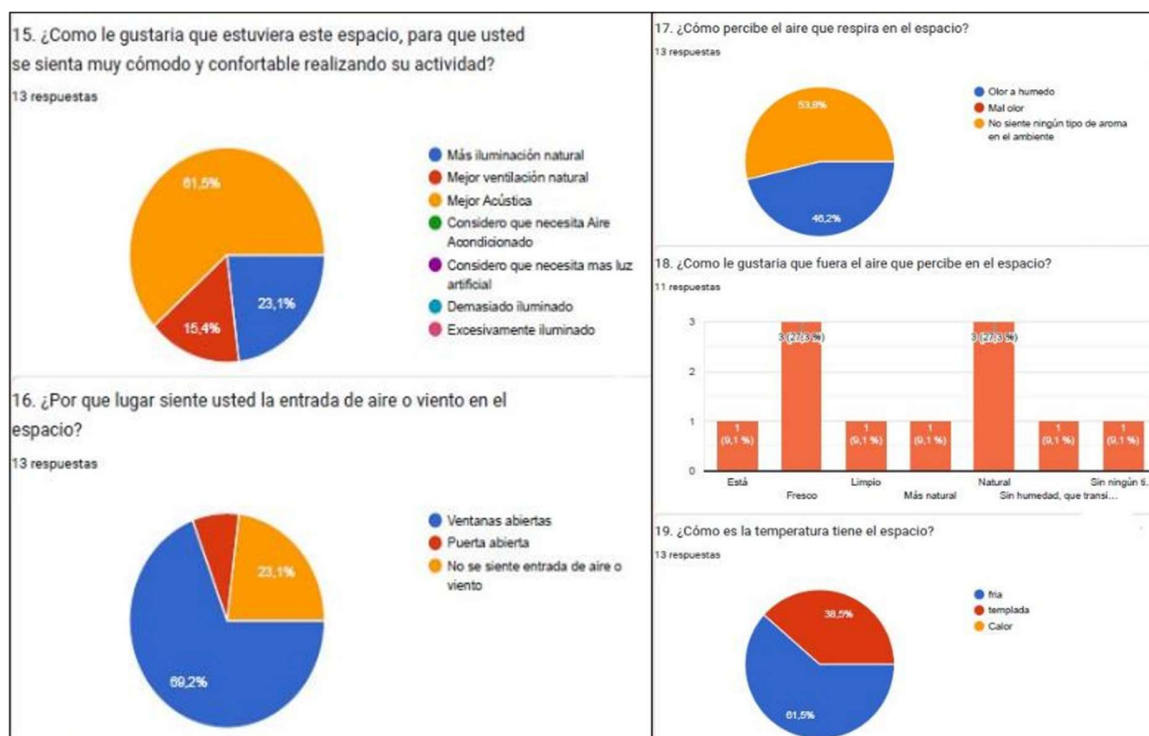
Nota: Encuesta creada digital. Fuente: Google forms Autor: Propia

En los resultados obtenidos que se muestran en la figura 76, predomina la percepción térmica templada, determinan la importancia de las condiciones de ventilación y control de humedad, donde la ventilación natural tiene un porcentaje alto que es indispensable para alcanzar una mejor comodidad o confort ambiental en el espacio. La mayoría de los estudiantes prefieren espacios con temperatura agradable y aire fresco, lo que muestra que es importante aplicar

soluciones pasivas, como ventilación cruzada para ventilar con corrientes de aires y el uso eficiente de la luz natural y no depender de lo artificial.

Figura 84

Resultados de percepción de la ventilación



Nota: Encuesta creada digital. Fuente: Google forms Autor: Propia

En la figura 77, la mayoría de los estudiantes (46.2%) perciben el espacio como un poco frío y el resto lo percibe entre frío (30.8%) y mucho frío (23.1%), sintiéndose cómodos con la temperatura existente, solo un sector menor preferiría un ambiente ligeramente más cálido.

Figura 85

Resultados de percepción térmica



Nota: Respuestas de encuesta realizada a estudiantes en la facultad de artes Fuente: Google forms

Autor: Propia

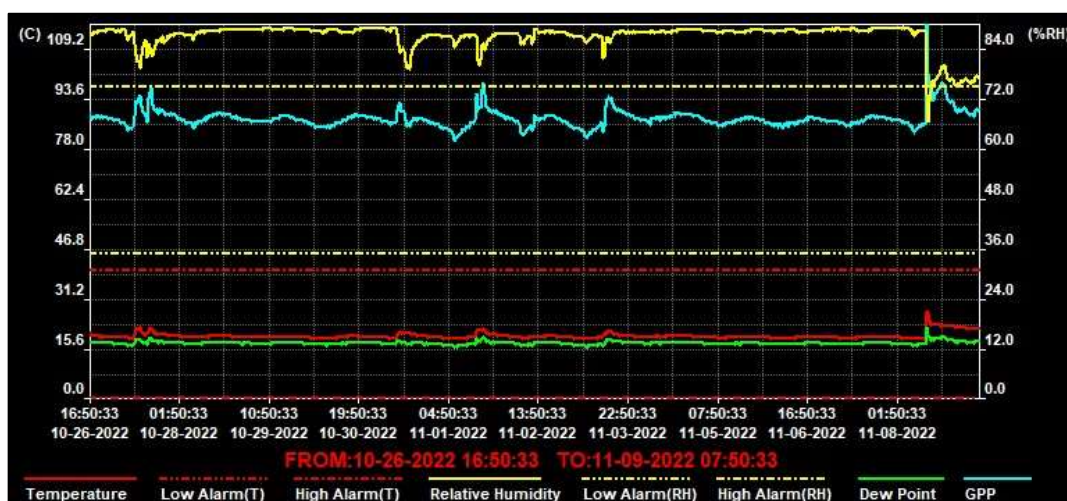
6.2. Resultado de Mediciones-Caso 1-Facultad de Artes

En este numeral, estará recopilada todos los datos registrados en las mediciones realizadas dentro de los salones escogidos en la Facultad de Artes, de la Universidad del Cauca, que se encuentran en el numeral 5.2.1 y como se mencionó anteriormente en ese capítulo, el edificio de aulas, estaba en construcción y no se logró realizar mediciones.

6.2.1. Medición de temperatura y humedad

Figura 86

Registro gráfico de temperatura y humedad relativa del salón 128



Nota: En esta gráfica, se muestran los rangos y comportamiento de la temperatura y humedad registrada en el salón 128 Fuente: Datalogger EXTECH Autor: Propia

Se registró humedad relativa promedio del 84% con un promedio de temperatura constante de 16°C. Estas mediciones demuestran que las condiciones climáticas exteriores varían con lo que sucede a nivel climático dentro de una edificación, en este caso una edificación BIC. Es un espacio que está por fuera de la zona de confort para personas que reciben clases por 3 horas. Al no tener iluminación ni ventilación natural, genera que durante las 17 horas que se utiliza a la semana, estén utilizando iluminación artificial.

Aunque las gráficas del capítulo 2 y capítulo 6, tienen registro de datos del comportamiento ambiental, no coinciden en periodo ni fechas (en las figuras 2 y 3, se registra datos diarios en un

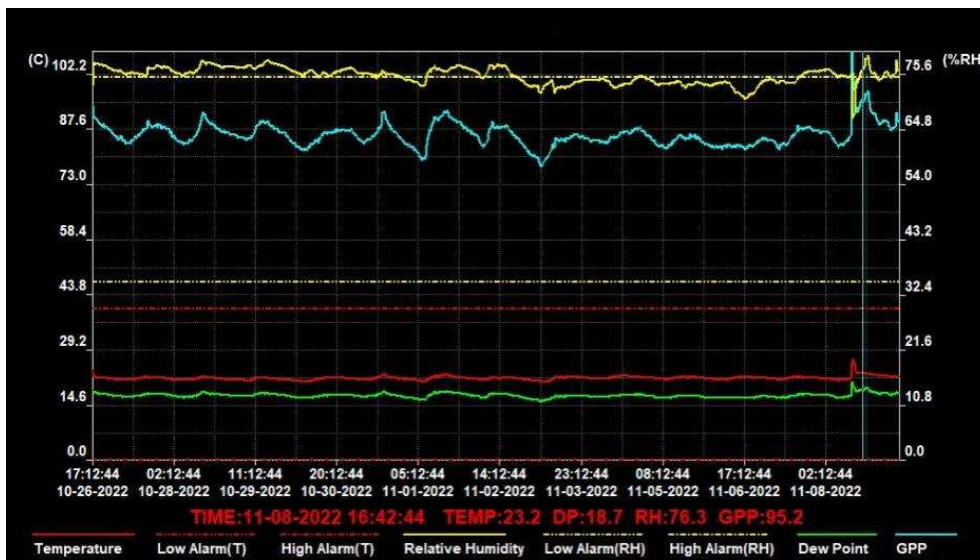
periodo anual en el exterior, y en la figura 78 se registra datos en un periodo de 15 días dentro de un espacio interior), de acuerdo a lo anterior, se puede analizar o utilizar estos datos para comprender e identificar patrones y tendencias generales.

A nivel de ciudad (capítulo 2 en las figuras 2 y 3), se vieron datos del comportamiento de humedad relativa y temperatura en donde presentan variaciones diurnas de temperatura (sube en el día y baja en la noche) y un comportamiento inverso en la humedad relativa, ya que sube en la noche y tiende a bajar en el día. El comportamiento de la temperatura dentro del salón (figura 78), se mantiene estable en torno a 14-16°C, esto significa que los materiales en que está construida la edificación, permite que la temperatura del interior, no sea afectada por las variaciones del clima exterior.

Caso contrario con el comportamiento de la humedad relativa, que a nivel externo en el día varía entre el 60% al 80% y sube en las noches y madrugadas, pero en el salón 128 la humedad relativa está en promedio del 84%, lo que confirma que las condiciones físicas de este salón, que no tiene ventilación ni iluminación natural, mantienen alto este nivel de humedad, generando olores característicos e iluminación artificial constante cuando se utiliza este espacio, y malestar también manifestado por los estudiantes en la encuesta realizada donde la luz y ventilación natural mejorarían las condiciones ambientales del salón.

Figura 87

Registro de Datalogger EXTECH - salón 202

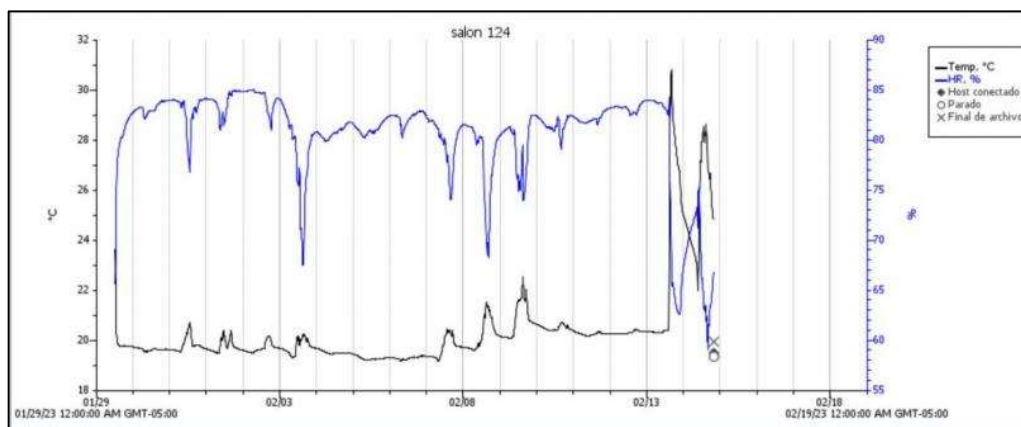


Nota: En esta imagen, se muestra el Registro gráfico de temperatura y humedad relativa del salón 202 Fuente: Data logger EXTECH Autor: Propia

Se registró humedad relativa promedio del 74% con un promedio de temperatura constante de 23°C. Estas mediciones demuestran que las condiciones al tener una ventana y estar ubicado en un lugar donde la radiación solar da directamente a la envolvente y sobre la cubierta, incrementan la temperatura y disminuye la humedad. Como se realizó en la anterior figura, considerando las figuras 2 y 3 del capítulo 2, donde se encuentran las gráficas externas de temperatura y humedad relativa de la ciudad, se logra interpretar que los muros de la fachada de la edificación permiten mantener una estabilidad térmica adecuada en este salón, la humedad relativa es similar al resultado del clima exterior. Es de recordar que este salón tiene ventana hacia el exterior, y de acuerdo a la información recibida, es abierta frecuentemente, permitiendo renovación de aire.

Figura 88

Registro de Datalogger HOBO - salón 124



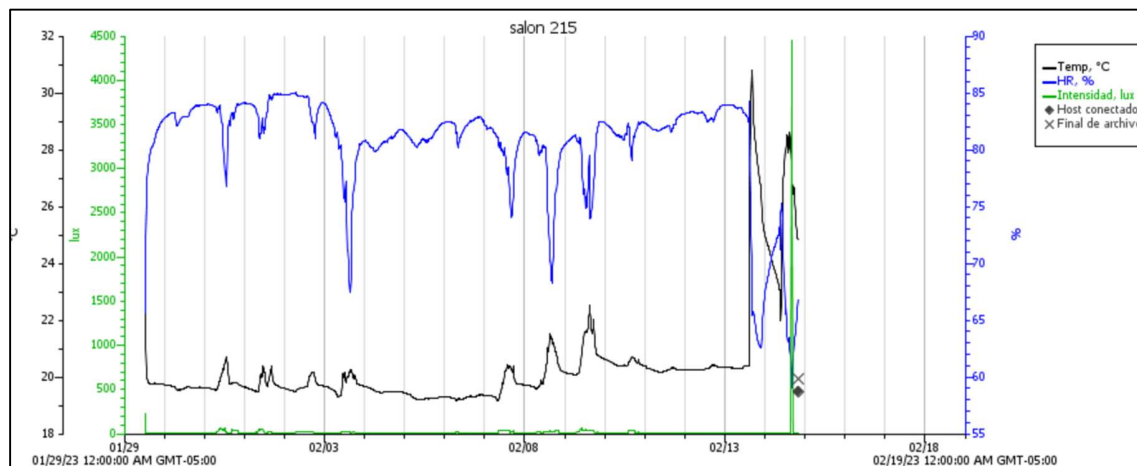
Nota: Registro gráfico de temperatura y humedad relativa del salón 124 entre el 29 de enero 2023 al 14 de febrero de 2023 Fuente: Data logger HOBO Sonset Autor: Propia.

Esta gráfica muestra el comportamiento de temperatura que tiene un registro entre 19°C y 23°C, y la humedad relativa tiene registro entre el 70% y el 78%, las cuales son muy similares a las predominantes en el gráfico de temperatura y humedad relativa, tomada de los archivos climáticos epw, de la estación del aeropuerto Guillermo León Valencia, mediante la plataforma climate onebuilding las cuales se encuentra en el capítulo 2.

De acuerdo a lo expresado por los estudiantes el día de la visita, manifestaron que eventualmente las ventanas eran abiertas, y estaba condicionado a la actividad que se estuviera desarrollando, ya que en este salón dan clases de pintura, escultura, entre otros, manejan productos que se pueden secar rápidamente con el aire y prefieren mantener cerradas las ventanas.

Figura 89

Registro de Datalogger HOBO - salón 215



Nota: gráfico de temperatura y humedad relativa del salón 215 entre el 29 de enero 2023 al 14 de febrero de 2023 Fuente: Data logger HOBO Sonset Autor: Propia

Esta gráfica muestra el comportamiento de temperatura que tiene un registro entre 18°C y 22°C, las cuales son muy similares a las predominantes en el gráfico de temperatura tomada de los archivos climáticos epw, de la estación del aeropuerto Guillermo León Valencia, mediante la plataforma climate onebuilding las cuales se encuentra en el capítulo 2.

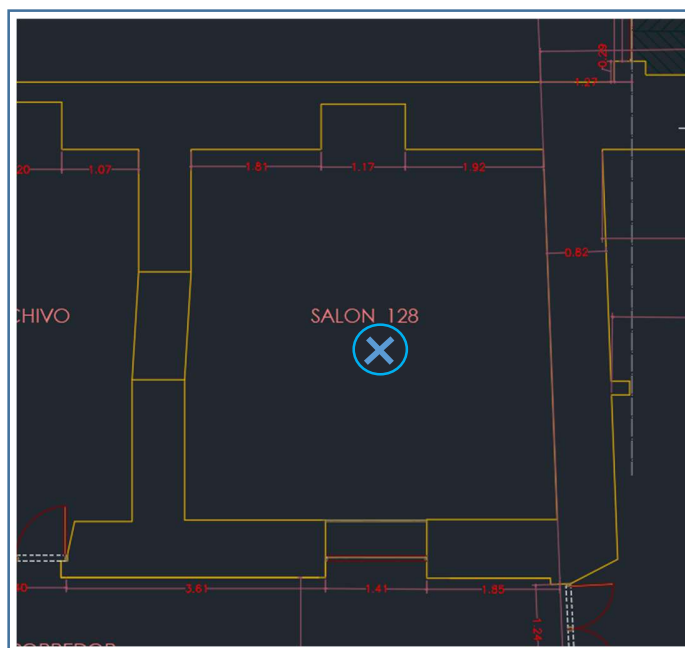
La humedad relativa tiene registro entre el 75% y el 85%, las cuales están ligeramente elevadas respecto a los parámetros registrados durante el día, en los archivos climáticos epw, de la estación del aeropuerto Guillermo León Valencia, mediante la plataforma climate onebuilding las cuales se encuentra en el capítulo 2, esto se debe a que este salón no tiene fachada hacia el exterior, se encuentra rodeada de corredores y las ventanas en su mayoría son puerta ventanas con vidrio fijo y tableros de madera, lo que implica si se abre su apertura es del 100%, por lo tanto la mayoría permanecen cerradas y esto impide una adecuada ventilación natural en el espacio.

6.2.2. iluminación

Se utilizó la aplicación de Luxómetro, la medición se realizó en un solo día, 26 de octubre en horas de la mañana, con la puerta abierta sin encender ninguna luminaria y con las luminarias encendidas, como se observa en la figura 89. Se toma en un solo lugar, ya que al utilizar la iluminación artificial el registro del luxómetro es igual, y debido a que el espacio no tiene ninguna ventana, cualquier espacio donde se ubique da como resultado 0 lux, a excepción de permanecer con la única abertura abierta que es la puerta.

Figura 90

Ubicación de luxómetro en app del salón 128

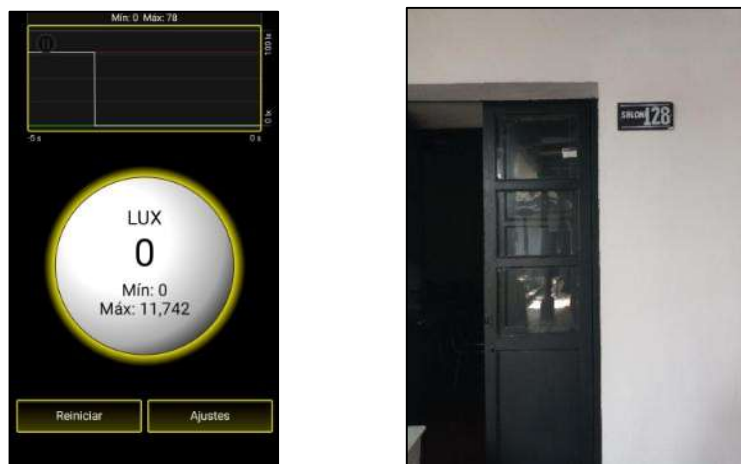


Nota: El celular con la app de luxómetro se ubicó a 2.80 mts de la puerta en el salón 128 con puerta abierta. Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: Propia

Se registro una medición de 0 lux, lo cual corresponde a que el espacio solo cuenta con una puerta de acceso y no hay ventana habilitada, como se observa en la figura 90.

Figura 91

Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 128



Nota: Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 128 con puerta abierta y ubicado en la mitad del espacio Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: Propia.

El salón 128 se utiliza el 100% de las veces con luz artificial. A pesar de que tiene la luz artificial encendida el registro no alcanza un nivel óptimo, tal como se observa en la figura 91, el cual como mínimo debe registrar en 300 lx. Por lo tanto, este salón la mayoría del tiempo es utilizado para clases con video beam, lo cual representa que no sea utilizado con mayor frecuencia.

Figura 92

Registro de iluminación artificial de app de luxómetro salón 128



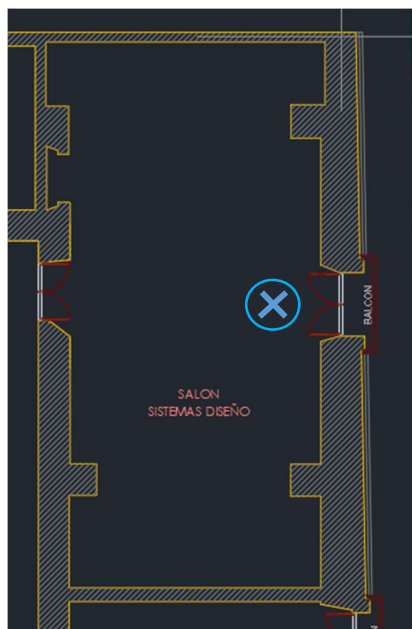
Nota: Registro de iluminación artificial de app de luxómetro salón 128 con puerta abierta e iluminación artificial y ubicado en la mitad del espacio Fuente: App luxómetro en celular Redmi

9 Autor: Propia

Para el salón 202, se utilizó la aplicación de Luxómetro, la medición se realizó en un solo día, 26 de octubre en horas de la mañana, con un rango de 2 minutos. Se realizaron dos mediciones, una con la puerta abierta sin encender ninguna luminaria y con la ventana abierta y la segunda con las luminarias encendidas.

Figura 93

Ubicación de luxómetro digital del salón 202



Nota: El celular con la app de luxómetro se ubicó cerca a ventana abierta Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: Propia

Figura 94

Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 202



Nota: Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 202 medición tomada cerca a ventana abierta Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: Propia.

Se puede observar que, aunque la única ventana que aporta luz natural a este espacio esté abierta, los puestos de trabajo que están ubicados a una distancia de más de tres metros de esta, presentan deficiencias en la cantidad de lux que se necesita para un espacio de trabajo.

Figura 95

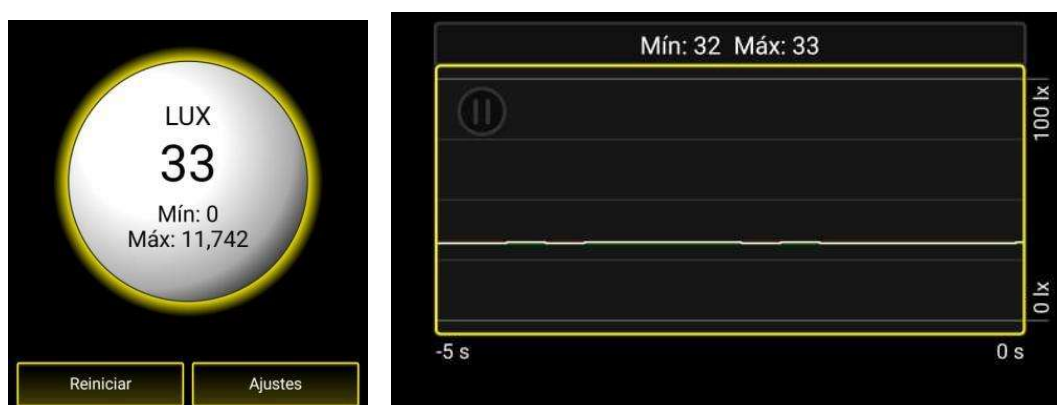
Registro de iluminación artificial de luxómetro digital mediante app salón 202



Nota: Registro de iluminación artificial de app de luxómetro salón 202 medición tomada con todas las luminarias encendidas Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: Propia.

Figura 96

Registro de iluminación natural luxómetro digital mediante app del salón 202



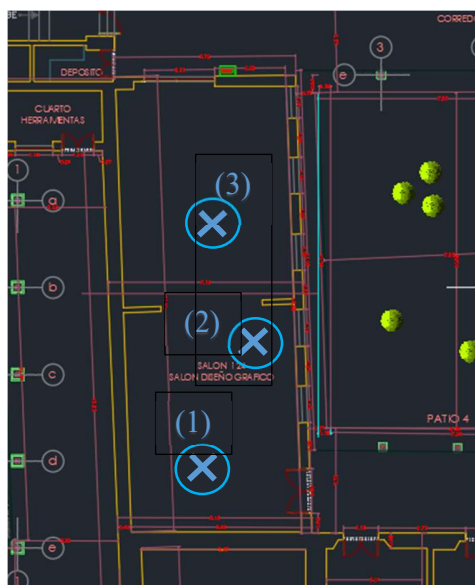
Nota: Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 202 distanciada de ventana abierta. Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: Propia

Para lograr una iluminación óptima de acuerdo al nivel de iluminancia recomendado por la norma RETILAP en espacios educativos debe ser mínimo de 300 luxes y máximo 750 luxes. Por lo tanto se puede identificar que a pesar de contar con iluminación artificial, el nivel de iluminancia es bajo, lo que puede causar en los estudiantes fatiga visual, pérdida de concentración y menor rendimiento académico.

Ya que este salón se encuentra en uno de sus lados en fachada de la edificación, no se puede alterar, pero se puede mejorar el acceso de luz natural agregando tragaluces para favorecer la entrada de luz diurna en el aula y para las noches aumentar luz artificial utilizando luminarias LED de buena potencia hasta alcanzar la iluminancia recomendada.

Figura 97

Ubicación de luxómetro digital del salón 124



Nota: (1) con puerta abierta (2) con ventanas y puerta abierta. (3) con iluminación artificial

Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: propia

El salón 124, a pesar de que este espacio cuenta con 4 ventanas, al abrirse todas, no logra alcanzar el nivel requerido para realizar las actividades que se ejecutan, las cuales necesitan un nivel especial por manejarse texturas y colores de diferentes gamas.

Para el registro de iluminación se utilizaron dos equipos:

La aplicación del celular del luxómetro el 30 de diciembre, en horas de la mañana, se realizó durante 2 minutos, con ventanas cerradas sin iluminación, con ventanas abiertas sin iluminación y con ventanas abiertas con iluminación y con ventanas cerradas con iluminación.

Figura 98

Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 124

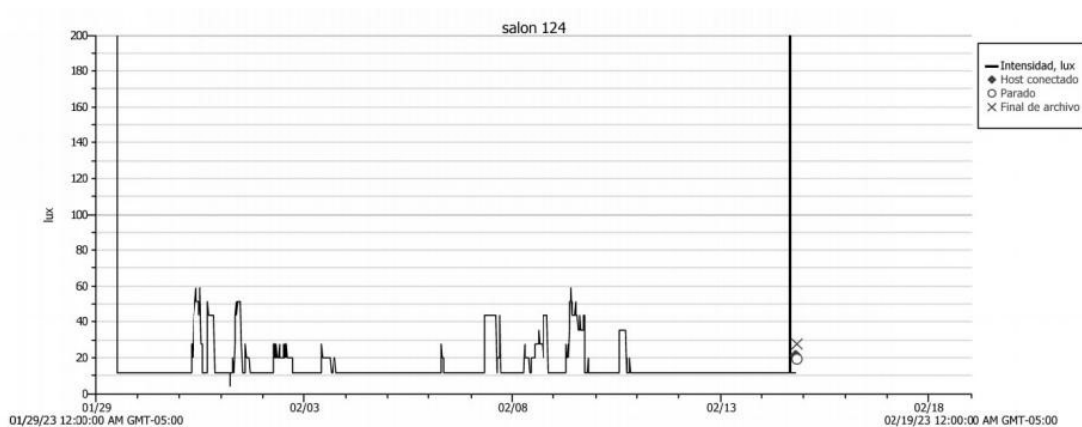


Nota: (izquierda) (1) Registro de iluminación natural salón 124 con puerta abierta. (centro) (2) Registro fotográfico de iluminación natural de salón 128 con ventanas y puerta abierta. (derecha) (3) Registro fotográfico de salón 128 con iluminación artificial Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: propia

El registro del dataloger HOBO, muestra registros máximos de 59.1 lux, que el espacio cuando fue utilizado, con ventanas cerradas y la mitad de la iluminación artificial encendida.

Figura 99

Gráfico de iluminación salón 124

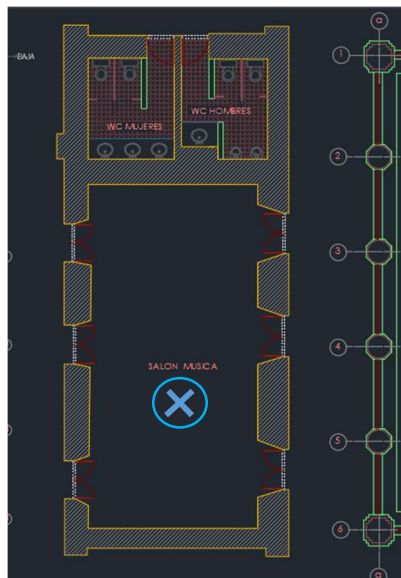


Nota: En esta imagen, se muestra el Registro gráfico de iluminación del salón 124 Fuente: Data logger HOBO Sonset Autor: Propia.

El salón 215, se encuentra en el segundo piso, cuenta con 4 puertas ventanas las cuales tienen un porcentaje de película para opalizar, y se ubica en la parte interna de la edificación rodeado de corredores, por lo tanto no tiene radiación directa del sol en ninguna de sus fachadas.

Figura 100

Ubicación de luxómetro digital del salón 215



Nota: El celular con la app de luxómetro se ubicó a 3.15 nts desde las ventanas. Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: Propia

En el salón 215, también se encuentra la situación de que a pesar de que este espacio cuenta con 4 puertas ventanas las cuales tienen un porcentaje de película para opalizar, no logra alcanzar el nivel requerido para realizar las actividades que se ejecutan.

Se utilizó la aplicación del luxómetro el 7 de diciembre, en horas de la mañana, se realizó durante 2 minutos, con ventanas cerradas sin iluminación, con ventanas abiertas sin iluminación y con ventanas abiertas con iluminación y con ventanas cerradas con iluminación.

Figura 101

Registro de iluminación natural de app de luxómetro salón 215



Nota: (izquierda) Registro de iluminación natural salón 215. (centro) Registro fotográfico de iluminación natural de salón 215 con ventanas y puerta abiertas . (derecha) Registro fotográfico de salón 215 con iluminación artificial Fuente: App luxómetro en celular Redmi 9 Autor: propia

6.2.3. Nivel de Ruido

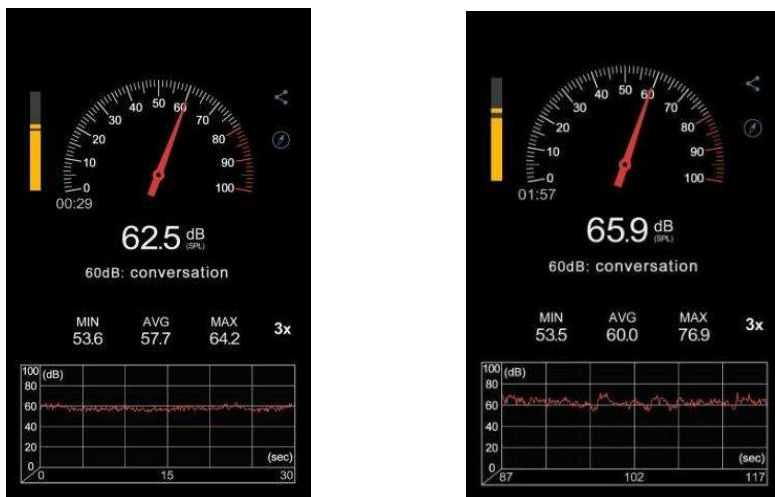
Los salones que rodean el patio 3 pertenecen al departamento de música, por lo que es común y frecuente que los estudiantes ensayen sus instrumentos en los corredores de este. El patio 4 queda cercano al patio 3, por lo tanto, se realizaron mediciones de niveles de ruido.

En el salón 128 se registró un nivel de 58.2 dB.

Figura 102*Sonómetro salón 128*

Nota: Ubicación de sonómetro en el salón 128 Fuente: Medidor de Sonido EXTECH Autor: Propia

El salón 202 se encuentra relativamente alejado del patio 3, el cual tiene mayor ruido durante toda la jornada estudiantil. En este salón se utilizaron dos tipos de medidores de sonido, Sonómetro en aplicación de celular, el cual registró entre 60 y 66 db, donde se producía un ambiente exterior con instrumentos musicales sonando, personas en una conversación.

Figura 103*Sonómetro salón 202*

Nota: Medición de nivel de ruido en app de sonómetro salón 202 (ambiente exterior ruidoso)

Fuente: App sonómetro en celular Redmi 9 Autor: Propia

Se realizó medición con el equipo medidor de sonido EXTRECH, durante 5 min, se realizó una vez en un solo día, se realizó el día 7 de diciembre, un día de entregas y/o parciales del departamento, por lo tanto, se encontraban estudiantes practicando en los patios y pasillos y en los salones sonaban otros instrumentos.

Figura 104

Sonómetro salón 202



Nota: Medición de nivel de ruido salón 202 (ambiente exterior ruidoso) Fuente: Sonómetro EXTECH Autor: Propia

De acuerdo a los registros de mediciones del sonómetro EXTECH y del sonómetro a través de la aplicación del celular, se puede observar que las mediciones son muy parecidas, teniendo en cuenta que el salón 202 se encuentra cercano al patio 2 y en el momento de la medición se escuchaban diferentes instrumentos entre guitarras, piano y batería, la cual registra picos de acuerdo al toque se le realice al instrumento.

El salón 124 se encuentra contiguo a espacios aledaños al patio 3, el cual tiene mayor ruido durante toda la jornada estudiantil.

Se realizó medición con el equipo medidor de sonido, durante 5 min, se realizó una vez en un solo día, se realizó el día 7 de diciembre, un día de entregas y/o parciales del departamento, por

lo tanto, se encontraban estudiantes practicando en los patios y pasillos y en los salones sonaban otros instrumentos-

Cabe anotar que este ruido de instrumentos los usuarios manifestaron que no molesta ni interfiere en sus actividades, ya que estas son manuales y les gusta trabajar escuchando música.

Figura 105

Sonómetro salón 124



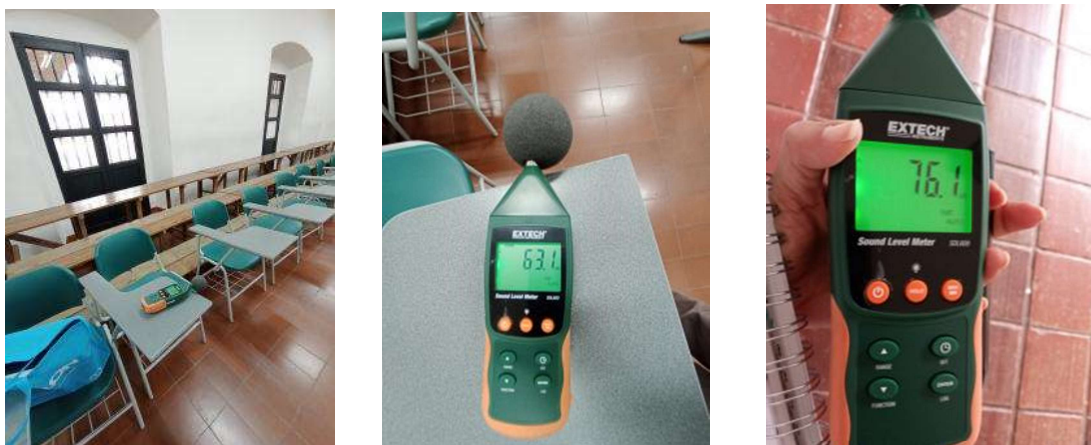
Nota: Medición de nivel de ruido salón 124 (ambiente exterior ruidoso) Fuente: Sonómetro EXTECH Autor: Propia

El salón 215 se encuentra en el segundo piso entre el patio de acceso y el patio 2 donde se encuentra la cafetería en el primer nivel. En el segundo piso del patio se encuentran salones donde se practica con instrumentos. En los corredores del patio 2 también se pueden encontrar estudiantes con algún instrumento. Se realizó medición con el equipo medidor de sonido, durante 5 min, se realizó una vez en un solo día, se realizó el día 7 de diciembre, un día de entregas y/o parciales del departamento, por lo tanto, se encontraban estudiantes practicando en los patios y pasillos y en los salones sonaban otros instrumentos-

Este nivel de ruido de instrumentos si afecta a los usuarios de este espacio, ya que sus actividades son de prestar atención o afinación de la voz. Este espacio no tiene ninguna protección acústica.

Figura 106

Sonómetro salón 215



Nota: Medición de nivel de ruido salón 215 (ambiente exterior ruidoso) Fuente: Sonómetro EXTECH Autor: Propia

6.3. Simulación computacional

Se utilizaron dos programas computacionales, para modelar y simular comportamiento térmico y lumínico

DesingBuilder: Con este software se modeló en 3D y se realizó la simulación del comportamiento térmico.

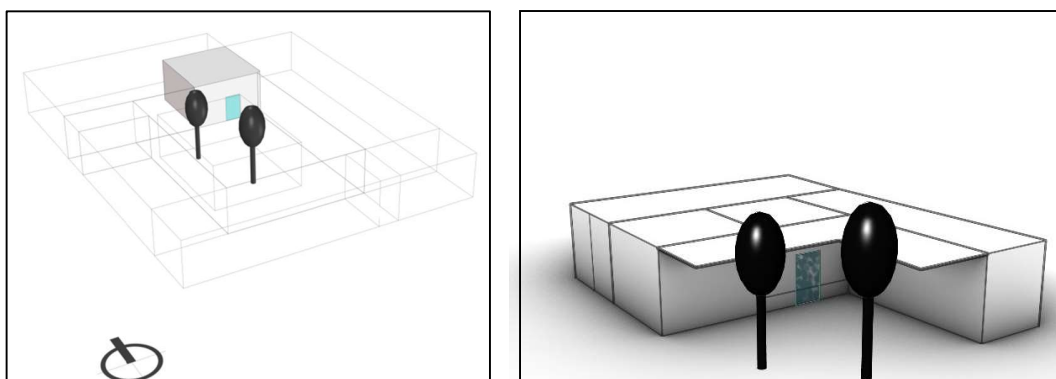
Rhinceros V6: modelado en 3D y con los componentes de Grasshopper se realizó análisis termoenergético y lumínico.

6.3.1.1. Facultad de Artes

Se modeló en 3D el aula 128, implementando el software Rhinoceros V.6, en el cual se desarrolló un algoritmo que permitió la creación de materiales autóctonos de ese espacio, como son los muros en tapia pizada, cubierta en teja de barro.

Figura 107

Volumetría 3D salón 128

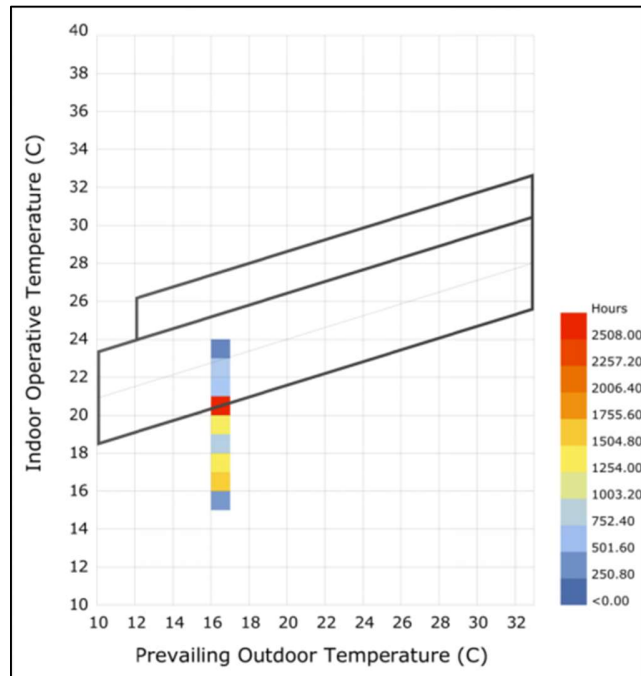


Nota: Imagen volumétrica del salón 128 con contornos y elementos de sombra Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

La grafica de desempeño térmico, muestra que, dentro del rango del confort, se ubican pocas horas al año, entre 0 horas y 501.60 horas al año, el mayor porcentaje de horas al año el salón 128 no tiene una temperatura y humedad adecuadas para clasificarlas dentro de un espacio confortable y agradable para el uso que tiene actualmente. No hay corrientes de viento ya que no hay ventanas en uso activas.

Figura 108

Gráfica de confort adaptativo salón 128

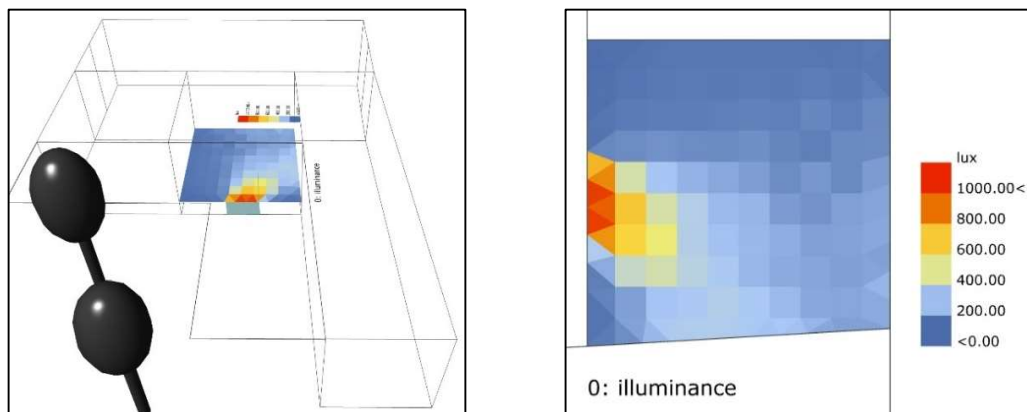


Nota: Resultado gráfico del rango de confort del salón 128 de acuerdo a temperatura interior y exterior Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

Como se dijo anteriormente, este salón no tiene aperturas de iluminación natural, por lo tanto el registro de una simulación con la puerta cerrada, no daría ningún registro.

Figura 109

Simulación de iluminación salón 128

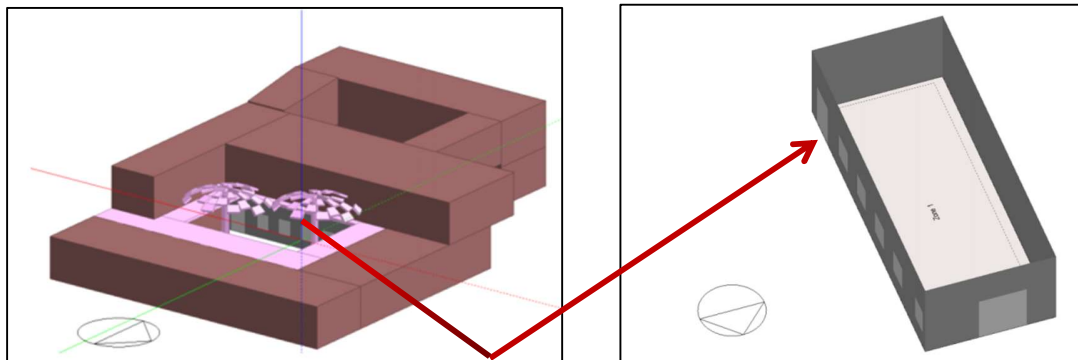


Nota: Resultado gráfico de simulación de iluminación del salón 128 teniendo en cuenta que la única abertura existente está abierta y es una puerta en madera Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

Debido a que el salón 128 no tiene ningún contacto con iluminación natural, a excepción de cuando se abre la puerta de acceso, no hay variación en el horario en que se haga la simulación (mañana o tarde), ya que con la puerta cerrada, siempre marca un valor 0 de iluminancia.

La simulación de iluminación de este espacio mostrada en la figura 101, se realizó teniendo en cuenta que la puerta de acceso esté abierta, ya que no hay otra fuente de iluminación natural que entre a este espacio, por tanto, el registro va en la mayoría de 0 lux. Cuando la puerta está abierta hay un rango mayor de luz, muy cerca a esta.

Para el salón 124, se utilizó el software DesignBuilding 6.0

Figura 110*Volumetría 3D salón 124*

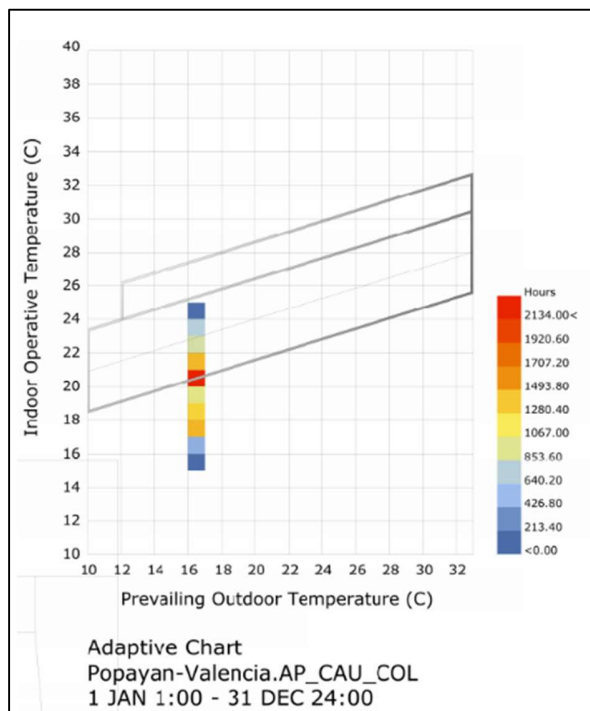
Nota: izquierda) Volumetría y ubicación salón 124. (derecha) volumetría salón 124. Fuente: DesignBuilding 6.0 Autor: Propia

La volumetría del salón 124 se encuentra en un primer piso, frente a un patio abierto, rodeado de volumetrías como un contexto, y con corredores cubiertos y un segundo piso sobre este. En el patio hay dos árboles altos de follaje intermedio con troncos delgados.

Este contexto mencionado anteriormente se debe tener en cuenta, debido a que el espacio a analizar, no tiene una exposición directa, o radiación solar directa y estas condiciones afectan el resultado de las simulaciones que se van a desarrollar.

Figura 111

Gráfica de confort adaptativo salón 124

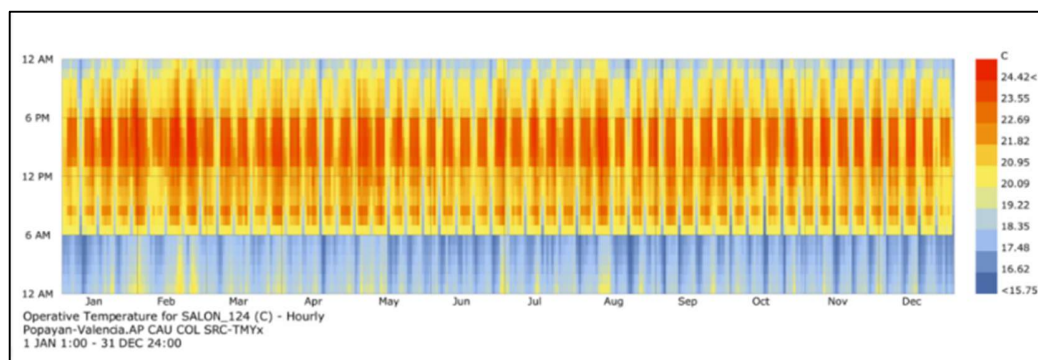


Nota: Resultado gráfico del rango de confort del salón 124 de acuerdo a temperatura interior y exterior Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

Para el desempeño térmico, la gráfica muestra que dentro del rango del confort, se ubican entre 0.00 y 1280.40 horas al año, lo que significa que el mayor porcentaje de horas al año el salón 124 no tiene una temperatura y humedad adecuadas para clasificarlas dentro de un espacio confortable y agradable para el uso que tiene actualmente, el cual demanda tener ventilación natural permanente para rotar el aire debido a que se manejan pinturas, disolventes y otros materiales que pueden ser nocivos o fuertes para las personas.

Figura 112

Gráfica de desempeño térmico salón 124



Nota: Resultado térmico registrado durante un año del salón 124 Fuente: Rhinoceros V. 6.0

Autor: Propia

Para la simulación del salón 124, se tuvo en cuenta los días y horas en que es utilizado este espacio:

Tabla 17

Horario de uso del salón 124

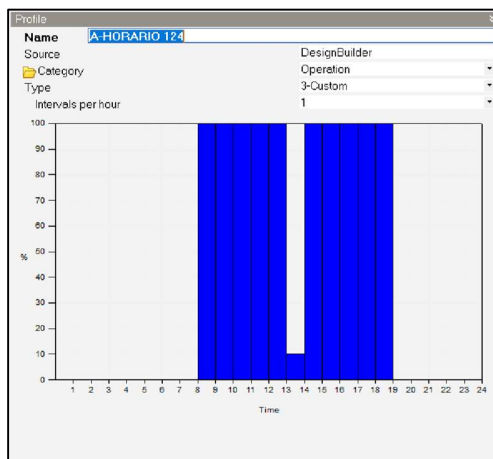
Hora	día	salón	clase
8:00 am-12:00 Pm	jueves	124	Pintura 1B
2:00 pm a 6:00 pm	jueves	124	pintura
8:00 am-12:00 Pm	martes	124	pintura
2:00 pm a 6:00 pm	martes	124	pintura
8:00 am-12:00 Pm	viernes	124	pintura
2:00 pm a 6:00 pm	viernes	124	pintura
8:00 am-12:00 Pm	miércoles	124	pintura
2:00 pm a 6:00 pm	miércoles	124	pintura

Nota: En esta tabla, se registra el horario, días a la semana y tipo de clase del salón 215 Fuente:

Cartelera Departamento de artes Autor: Propia

Figura 113

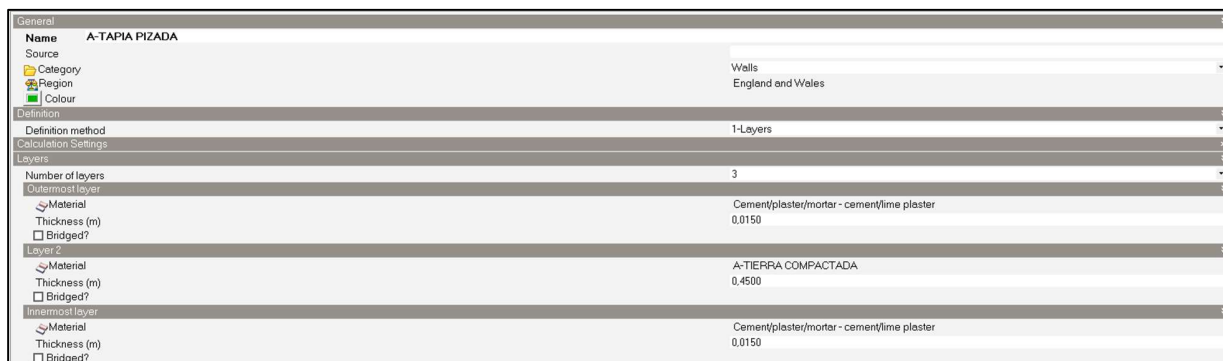
Programación de horario del salón 124 en software



Nota: Programación de horario de uso del salón 124 Fuente: DesingBuilding 6.0 Autor:
Propia

Figura 114

Programación en software de sistema constructivo muros salón 124



Nota: Programación en el software de sistema constructivo de muros en tapia pizada Fuente:
DesingBuilding 6.0 Autor: Propia

Figura 115

Visualización de Tapia pizada



Nota: Muros en tapia pizada: sistema constructivo original en el cual se utiliza como material la tierra compactada Fuente: DesingBuilding 6.0 Autor: Propia

Figura 116

Programación en software de sistema constructivo entrelosa salón 124

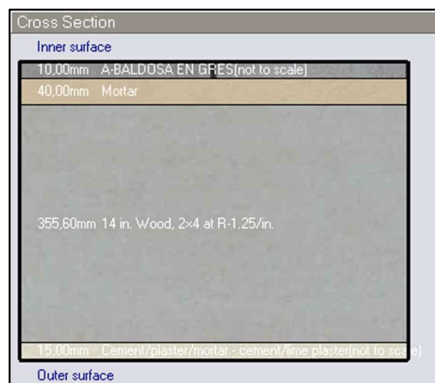
General	
Name	A-ENTREPISO EN MADERA SUSPENDIDO
Source	DesignBuilder
Category	Floors (internal)
Region	General
Colour	
Definition	
Definition method	1-Layers
Calculation Settings	
Layers	
Number of layers	4
Outermost layer	
Material	Cement/plaster/mortar - cement/lime plaster
Thickness (m)	0.0150
Bridged?	
Layer 2	
Material	14 in. Wood, 2x4 at Ft-1.25/in.
Thickness (not used in thermal calcs) (m)	0.3556
Layer 3	
Material	Mortar
Thickness (m)	0.0400
Bridged?	
Innermost layer	
Material	A-BALDOSA EN GRES
Thickness (m)	0.0100
Bridged?	

Nota: Programación en el software de sistema constructivo de entrelosa (vigas en madera estructural, entramado en madera, mortero y baldosa en gres Fuente: DesingBuilding 6.0

Autor: Propia

Figura 117

Visualización entrelosa en madera



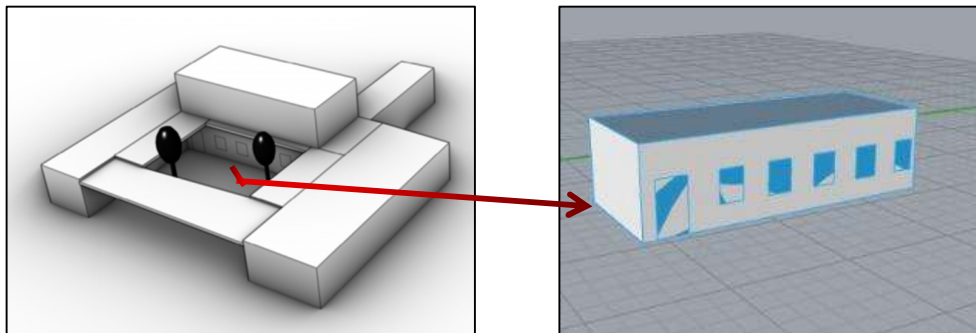
Nota: Entrelasa en madera: sistema constructivo original en el cual se utiliza un sistema conformado entre las vigas de madera, y el acabado superior Fuente: DesingBuilding 6.0

Autor: Propia

Para la simulación de la iluminación del salón 124, se utilizó el software Rhinoceros V.6, en donde es muy importante dibujar la volumetría del contexto del espacio, los elementos de sombra, y de acuerdo al archivo climático de la ciudad, da un resultado aproximado de la cantidad de lux registrada en el espacio.

Figura 118

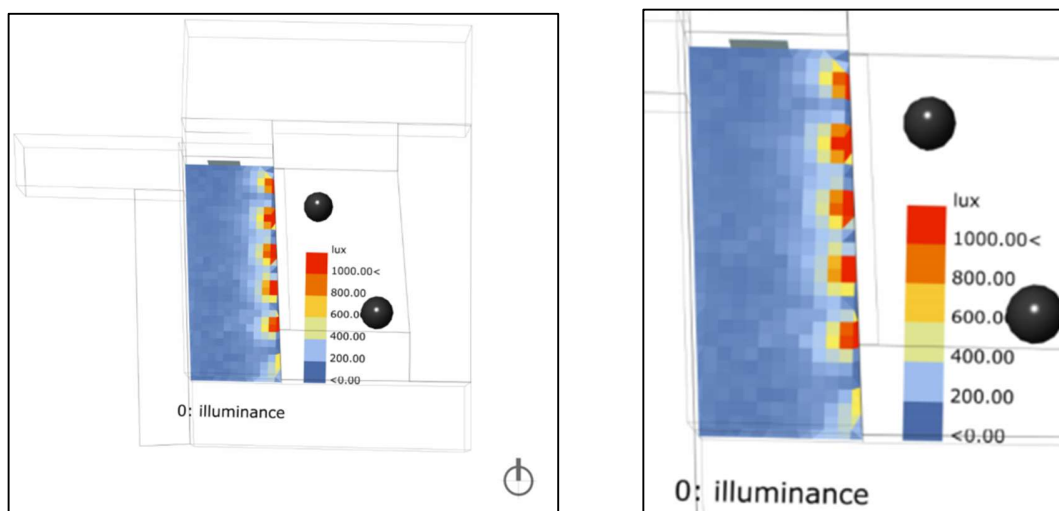
Volumetría 3D para iluminación salón 124



Nota: Imagen volumétrica del salón 128 con contornos y elementos de sombra, incluyendo las ventanas Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

El salón 124 cuenta con 5 ventanas de dos naves de madera, las cuales se encuentran funcionando y su uso depende de los usuarios y de acuerdo a la necesidad que se tenga.

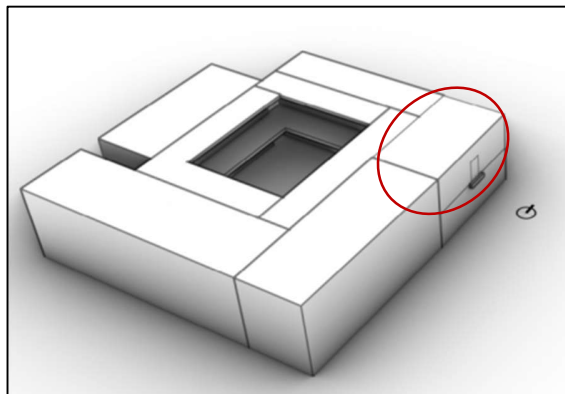
Este espacio es utilizado para clases de pintura o escultura, por lo que en ocasiones se manejan materiales con olor fuerte y que es necesario ventilar. Este salón también cuenta con una puerta ventana con vidrios esmerilado, la cual no es usada en el tiempo en que se utiliza para clases, su uso es esporádico cuando se utiliza la edificación para exposiciones como en la celebración de semana Santa, ya que hay exposiciones abiertas al público.

Figura 119*Simulación de iluminación salón 124*

Nota: Resultado gráfico de simulación de iluminación del salón 124 teniendo en cuenta todas las ventanas abiertas Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

La simulación de iluminación del salón 124, ingresando los datos de cómo es utilizado el espacio (horarios de clases) y un aproximado del uso de las ventanas; En el resultado de la simulación de iluminación, se observa que, a pesar de tener 5 ventanas, predomina en más de un 90% del salón 0 Lux; La iluminación que ingresa por las ventanas debido al espesor de los muros, no es eficiente.

Para el salón 202, se utilizó el software Rhinoceros V.6, donde se generó un algoritmo donde se crearon los materiales autóctonos: muros en tapia pizada, cubierta en teja de barro.

Figura 120*Volumetría 3D salón 202*

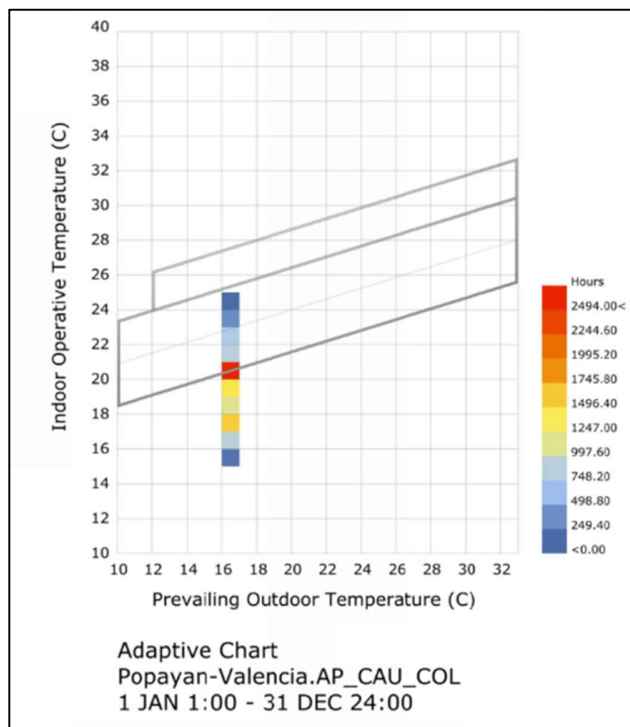
Nota: Imagen volumétrica del salón 202 con contornos y elementos de sombra Fuente:

Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

La volumetría del salón 202 se encuentra en un segundo piso, con una fachada lateral derecha sobre vía pública y la fachada lateral izquierda colinda con corredor cubierto el cual es perímetro del patio principal. No hay árboles en este patio. Las fachadas norte y sur, colindan con otros espacios. Este salón se encuentra dentro de una sección de la edificación que tiene dos pisos, la parte superior del salón es cubierta de teja de barro, con el sistema tradicional de construcción (madera, cámara de aire).

Figura 121

Gráfica de confort adaptativo salón 202

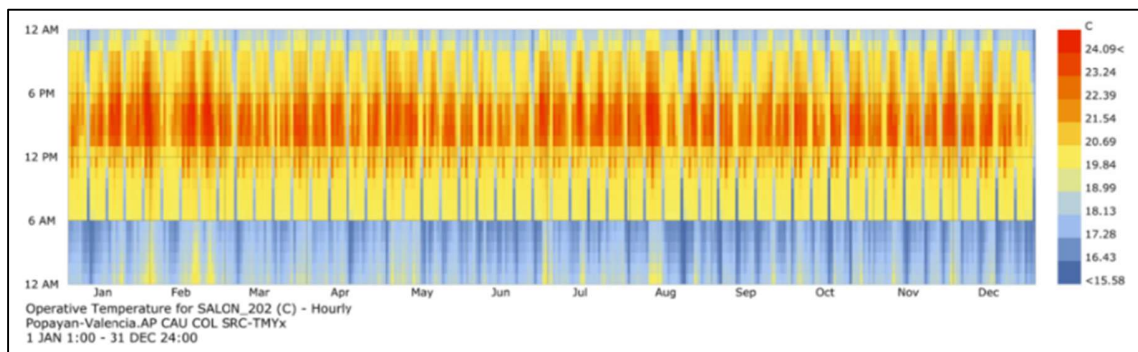


Nota: Resultado gráfico del rango de confort del salón 202 de acuerdo a temperatura interior y exterior Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

La grafica del desempeño térmico muestra que, dentro del rango del confort, se ubican entre 0.00 y 748.20 horas al año, lo que significa que el mayor porcentaje de horas al año el salón 202 no tiene una temperatura y humedad, adecuadas para clasificarlas dentro de un espacio confortable y agradable para el uso que tiene actualmente, que funciona como salón de sistemas, el cual demanda tener ventilación natural permanente para rotar el aire.

Figura 122

Gráfica de desempeño térmico salón 202



Nota: Resultado térmico registrado durante un año del salón 202 Fuente: Rhinoceros V. 6.0

Autor: Propia

En esta gráfica se puede observar que, en las horas de la mañana, la temperatura es menor a 20°C por lo tanto es frío, y después de la 1:00 pm se registran días en donde la temperatura tiene un rango entre 21°C y 23.24°C . Esto se debe debido a la ubicación del salón, el cual se encuentra en el segundo piso y sobre la fachada occidental, por lo tanto, en la tarde el sol da directamente sobre esta superficie.

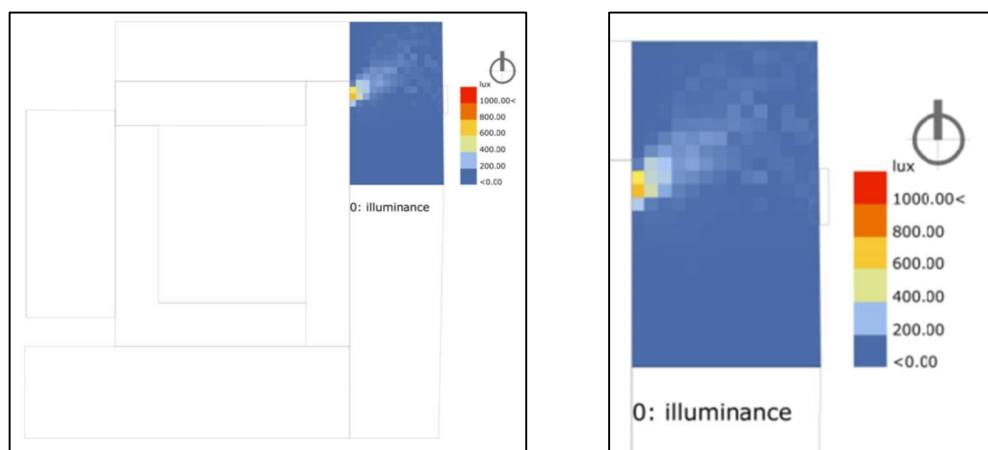
Como se ve en el cuadro a continuación, hay mayor uso de este salón en horas de la tarde.

Tabla 18*Horario de uso del salón 202*

Hora	día	salón	clase
2:00 pm a 6:00 pm	jueves	202	video
2:00 pm a 6:00 pm	viernes	202	video
9:00 am-12:00 Pm	lunes	202	apreciación cinematográfica
2:00 pm a 5:00 pm	martes	202	seminario cine arte

Nota: En esta tabla, se registra el horario, días a la semana y tipo de clase del salón 202 Fuente:

Cartelera Departamento de artes Autor: Propia

Figura 123*Simulación de iluminación salón 202*

Nota: Resultado gráfico de simulación de iluminación del salón 202 teniendo en cuenta todas las ventanas abiertas Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

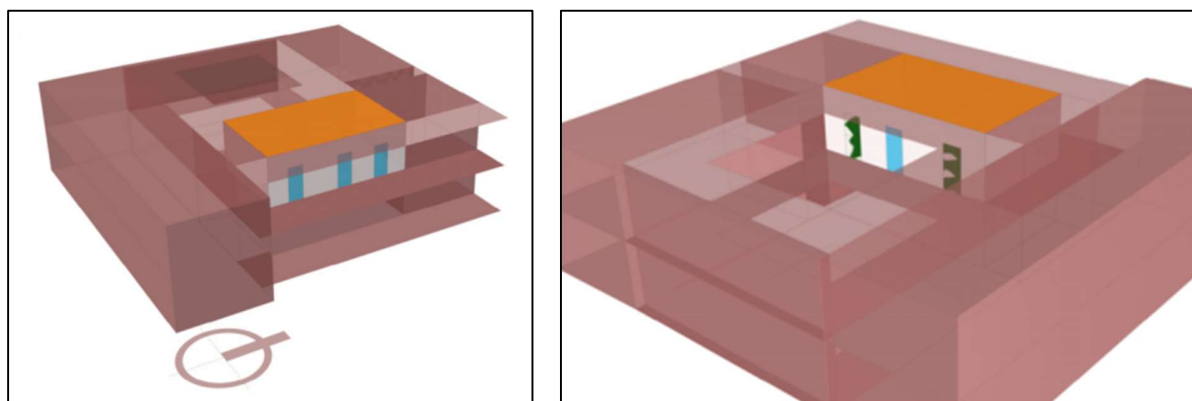
Par la gráfica del salón 202, cuenta con una ventana y una puerta, los muros de este salón tienen un espesor de 0.70 mts, lo cual genera que la iluminación natural no se disperse en el espacio, y sea eficiente por lo tanto actualmente la iluminación artificial debe predominar.

En el salón 215, se utilizó el software Rhinoceros V.6, donde se generó un algoritmo donde se crearon los materiales autóctonos: muros en tapia pizada, cubierta en teja de barro.

Este salón se encuentra ubicado en el segundo piso y en medio de dos patios, por lo tanto, tiene dos fachadas, a continuación, se muestran las voluntarias de ellas:

Figura 124

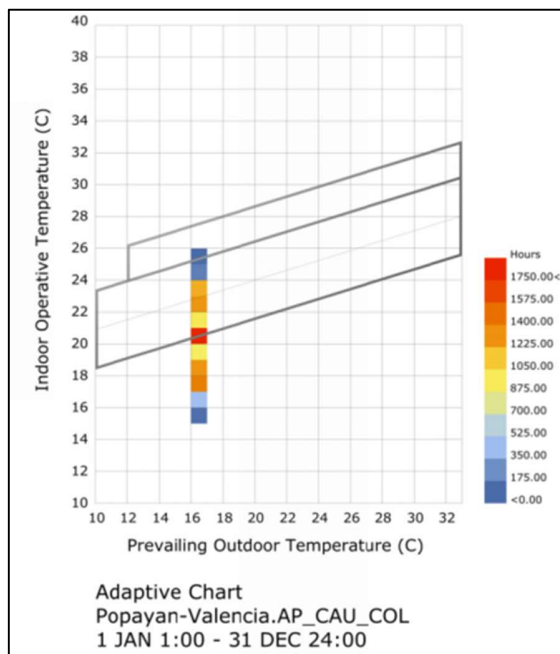
Volumetría 3D salón 215



Nota: Volumetría y ubicación salón 202. Fuente: DesignBuilding 6.0 Autor: Propia

Figura 125

Gráfica de confort adaptativo salón 215

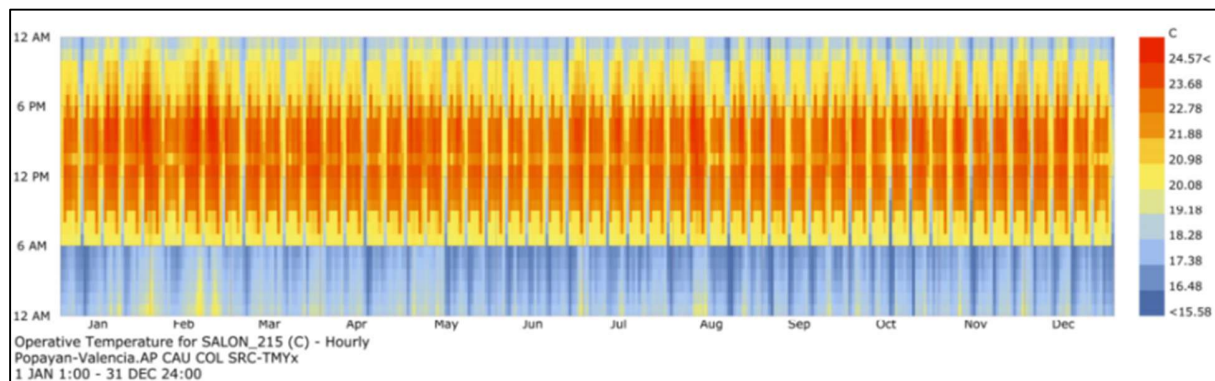


Nota: Resultado gráfico del rango de confort del salón 215 de acuerdo a temperatura interior y exterior Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

La grafica de despeño térmico, muestra que, dentro del rango del confort dentro de 22°C y 26°C, se ubican entre 0 y 1225 horas al año, y hay mayor cantidad de horas en un rango entre 1225, 875 entre 21° C y 19°C. Esto se traduce en decir que la mayor cantidad de horas al año, el salón se encuentra frío y un porcentaje minoritario de horas alcanza a llegar a una temperatura de 22°C.

Figura 126

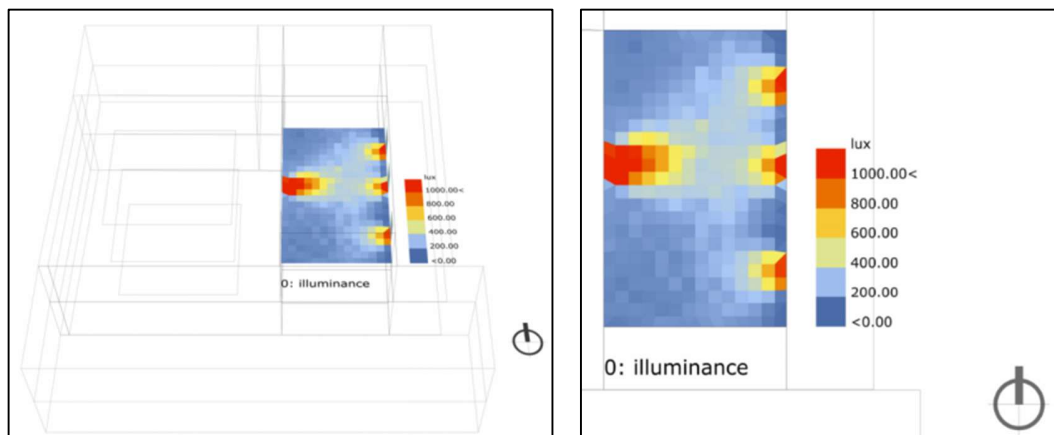
Gráfica de desempeño térmico salón 215



Nota: Resultado térmico registrado durante un año del salón 215 Fuente: Rhinoceros V. 6.0

Autor: Propia

En esta gráfica de desempeño térmico, se puede observar que se registran temperaturas más constantes entre los 21°C y los 22°C, entre las 10:00 am y las 5:00 pm. Esto se debe debido a la ubicación del salón, el cual se encuentra en el segundo piso y tiene dos fachadas que permitirían que el sol llegue por unas cuantas horas tanto en horas de la tarde como en horas de la mañana.

Figura 127*Simulación de iluminación salón 215*

Nota: Resultado gráfico de simulación de iluminación del salón 215 teniendo en cuenta todas las ventanas abiertas Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

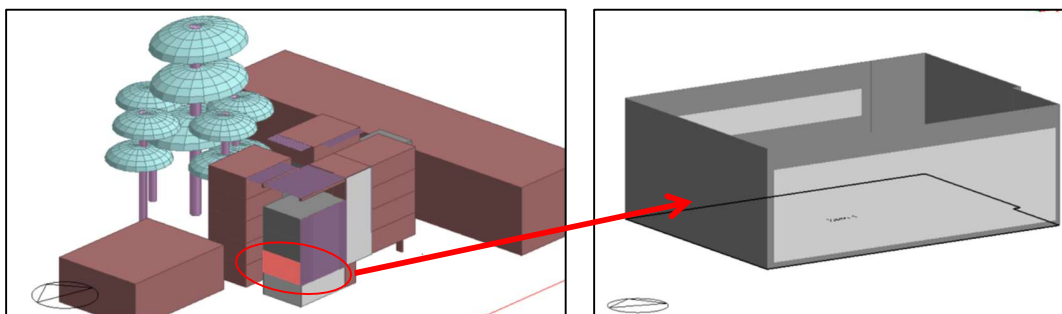
En la simulación de iluminación, el salón 215, cuenta con tres ventanas con una protección en vidrios que simula un acristalamiento esmerilado hacia una de las fachadas y hacia la otra fachada cuenta con tres puertas, la cual una es la del acceso al salón, las otras dos son puertas con naves en madera, sin ningún acristalamiento y mantienen cerradas sin darle algún uso.

Esto genera que se registren 0 lux en la zona donde no hay ventanas, que en sumatoria sería un aproximado del 40% del espacio del salón, por lo que genera que siempre que se utilice el salón se tenga que recurrir a la luz artificial.

6.3.1.2. Edificio de Aulas

Figura 128

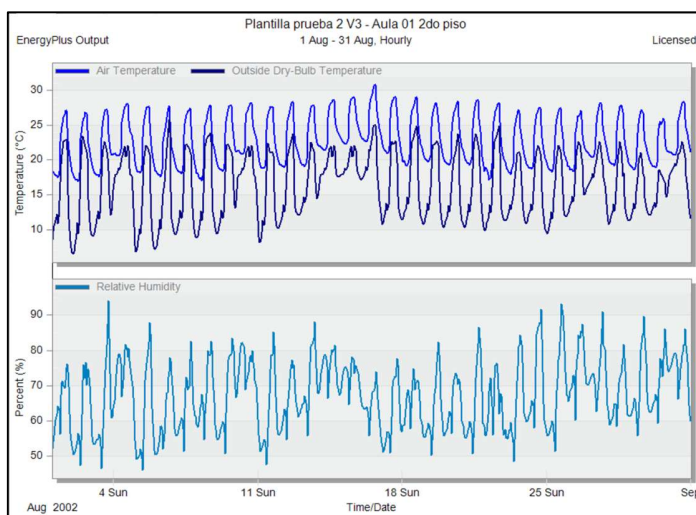
Volumetría aula 01 segundo piso



Nota: Volumetría y ubicación aula 01 segundo piso Fuente: DesignBuilding 6.0 Autor: Propia

Figura 129

Gráfica de desempeño térmico aula 01 segundo piso

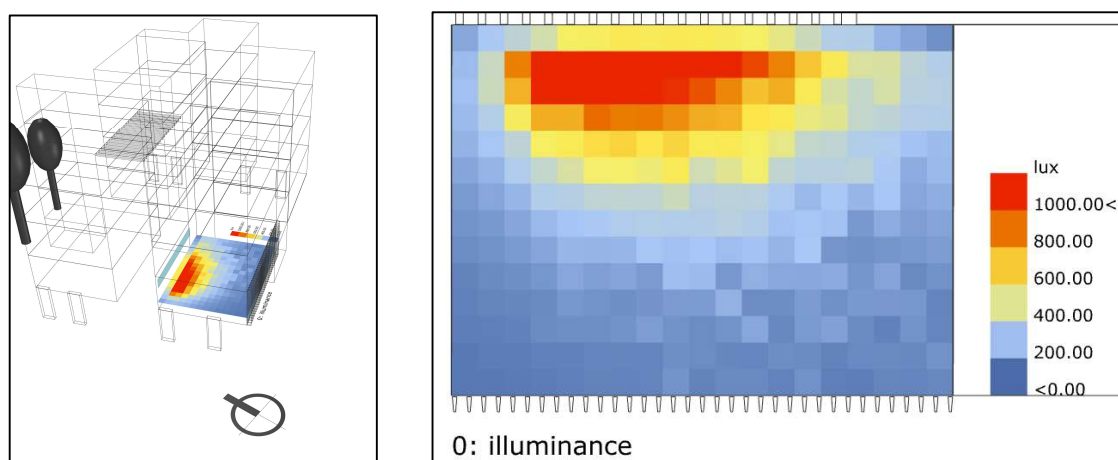


Nota: Resultado térmico registrado en el mes de agosto de temperatura y humedad relativa en el aula 01 segundo piso Fuente: DesignBuilding 6.0 Autor: Propia

La grafica de temperatura del aire (azul), registra rangos entre los 25°C y 28°C aproximadamente, con un pico que supera los 30°C. En cuanto a la humedad relativa se encuentran más cantidad de registros en un rango entre 60% y 80% aproximadamente, también con picos mayores a 90%.

Figura 130

Simulación de iluminación aula 01 segundo piso

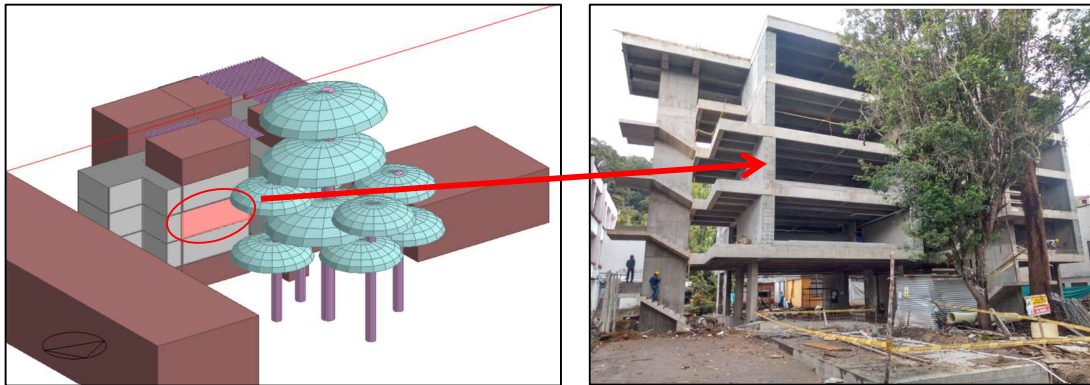


Nota: Resultado gráfico de simulación de iluminación del aula 01 segundo piso Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

En la simulación de la iluminación, se puede observar que, a pesar de tener un ventanal en fachada, al estar con orientación sur, y con cortasoles verticales, tiene registro entre 100 lux a 200 lux hasta la mitad del aula. La entrada de iluminación en este espacio se genera por la ventana ubicada hacia el norte, en donde el sol de la tarde alcanza a entrar.

Figura 131

Registro fotográfico y volumetría 3D aula 07 tercer piso

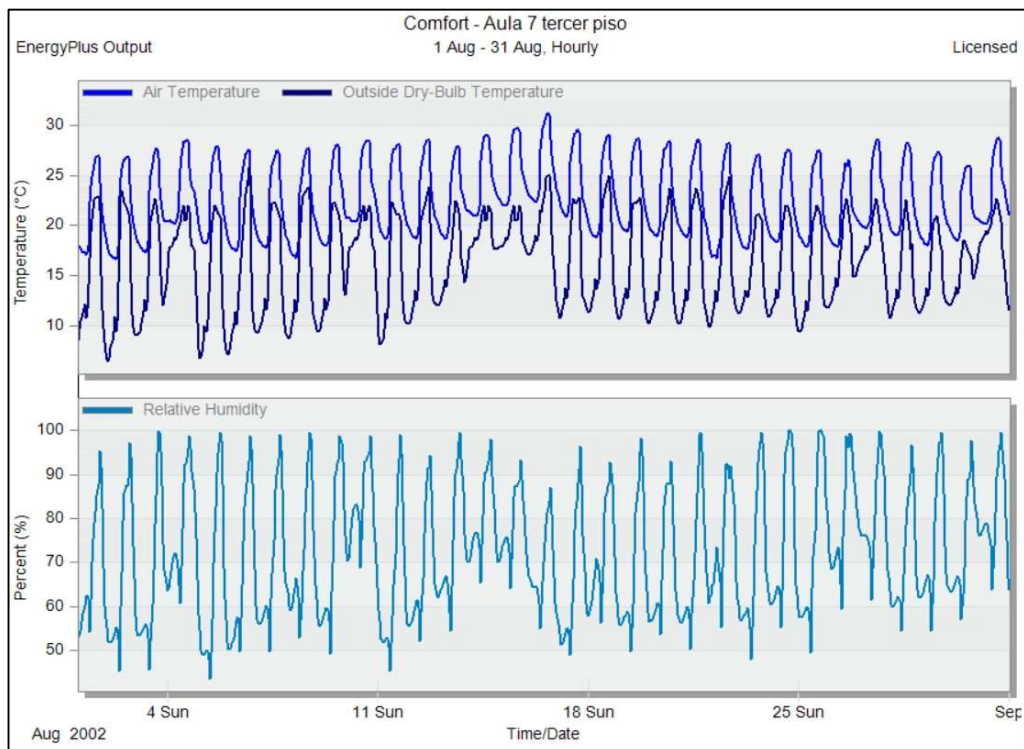


Nota: En la parte superior de esta imagen se encuentra a la izquierda una imagen interna del aula, a la derecha imagen del aula vista desde fachada y parte izquierda inferior está la volumetría del aula 07 tercer piso Fuente: DesignBuilding 6.0 Autor: Propia

Esta aula 07 se encuentra con un contexto de grupo de árboles de gran tamaño, que le alcanzan a ofrecer sombra en horas de la tarde.

Figura 132

Gráfica de desempeño térmico aula 07 tercer piso

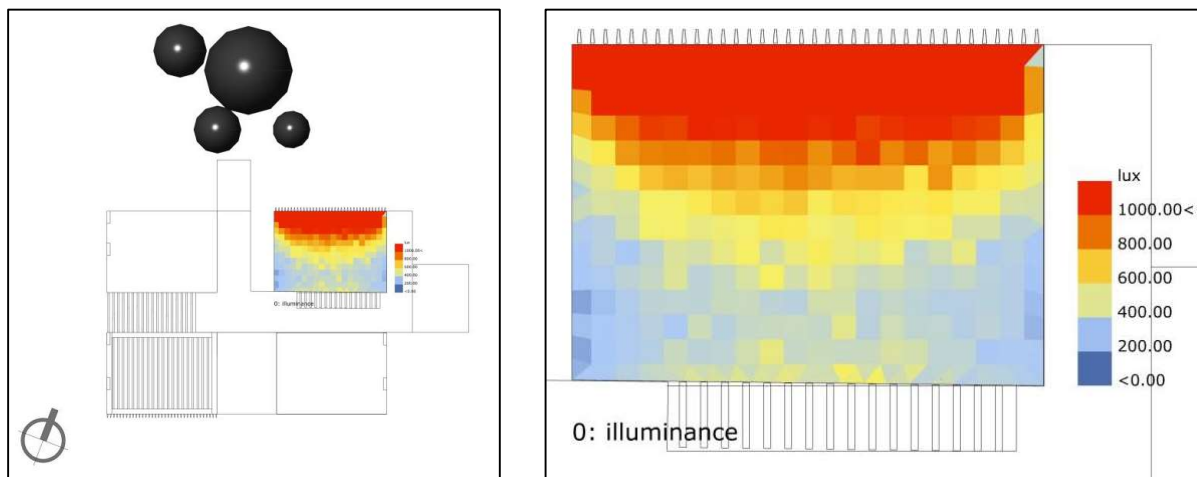


Nota: Resultado térmico registrado en el mes de agosto de temperatura y humedad relativa en el aula 07 tercer piso Fuente: DesignBuilding 6.0 Autor: Propia

La grafica de temperatura del aire (azul), registra rangos entre los 27°C y 29°C aproximadamente, con un pico de aproximadamente 31°C. En cuanto a la humedad relativa se encuentran más cantidad de registros en un rango entre 50% y 100% aproximadamente.

Figura 133

Simulación de iluminación aula 07 tercer piso



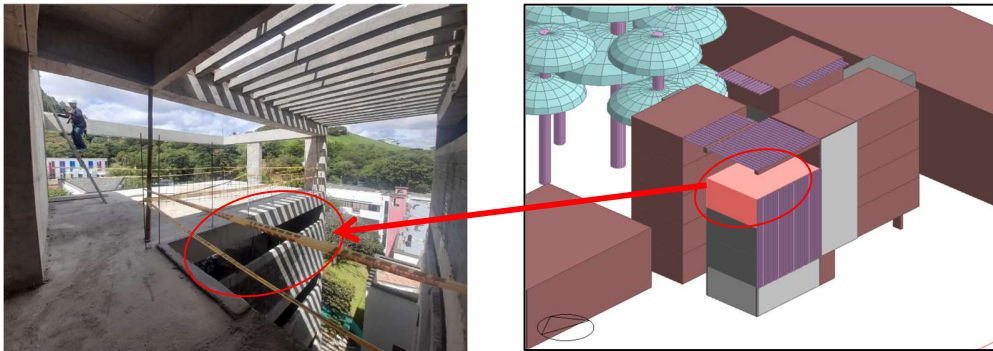
Nota: Resultado gráfico de simulación de iluminación del aula 07 tercer piso Fuente: Rhinoceros

V. 6.0 Autor: Propia

En esta simulación se puede observar que el ventanal en fachada, al estar con orientación norte, y con cortasoles verticales, tiene registro entre 500 lux a 1000 lux aproximadamente hasta la mitad del aula. La entrada de iluminación más fuerte en este espacio se genera por la ventana principal donde el sol de la tarde alcanza a entrar.

Figura 134

Registro fotográfico y volumetría 3D aula 09 cuarto piso

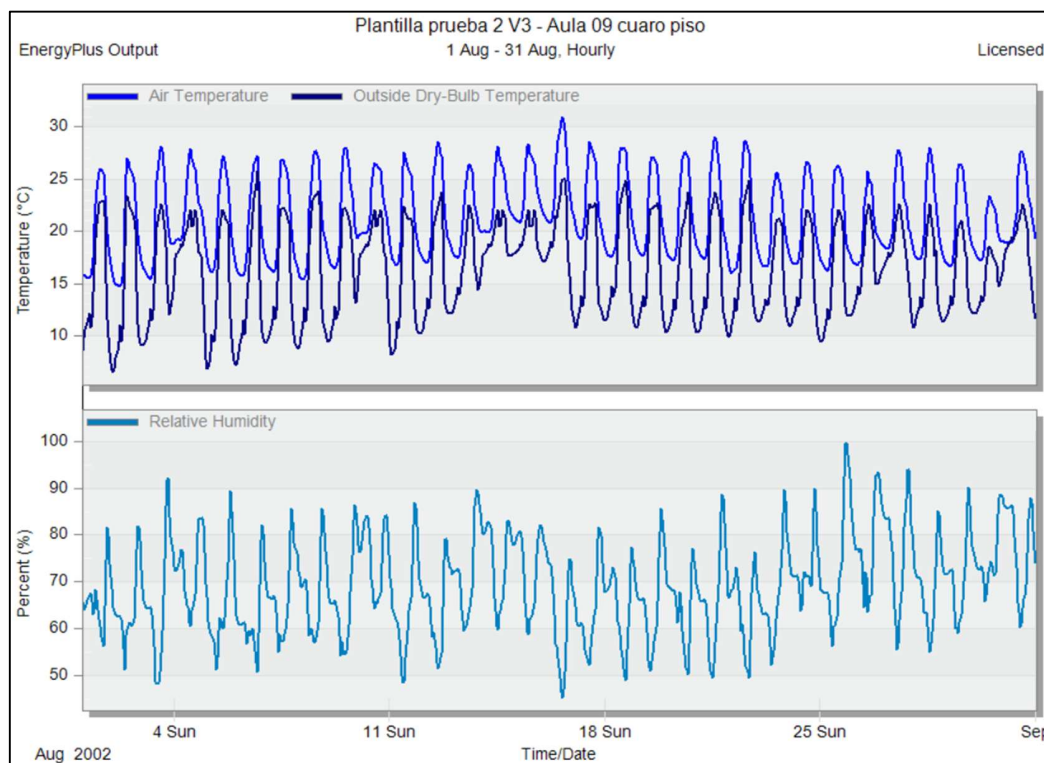


Nota: En la parte superior de esta imagen se encuentra a la izquierda una imagen externa del aula, a la derecha imagen interna del aula y parte izquierda inferior está la volumetría del aula 09 cuarto piso Fuente: DesignBuilding 6.0 Autor: Propia

Esta aula 09 se encuentra en el cuarto piso y su cubierta es el piso del espacio que funciona como terraza, por lo tanto, tendrá una radiación directa, a pesar de que la terraza tendrá una cubierta con pérgolas y algún tipo de cubierta opalizada.

Figura 135

Gráfica de desempeño térmico aula 09 cuarto piso

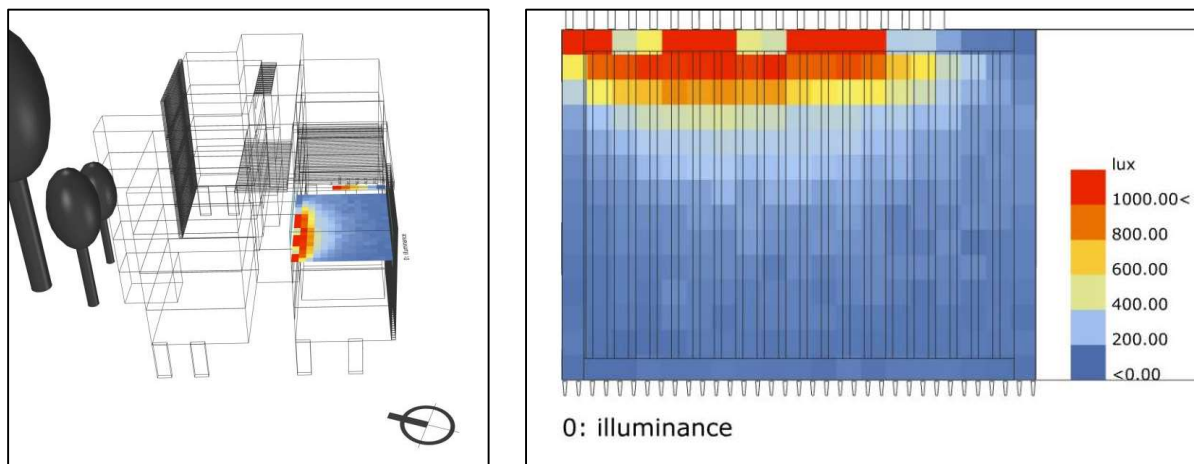


Nota: Resultado térmico registrado en el mes de agosto de temperatura y humedad relativa en el aula 09 cuarto piso Fuente: DesignBuilding 6.0 Autor: Propia

La grafica de temperatura del aire (azul), registra rangos entre los 25°C y 27°C aproximadamente, con un pico que supera los 30°C. En cuanto a la humedad relativa se encuentran más cantidad de registros en un rango entre 50% y 80% aproximadamente, también con picos mayores a 90%.

Figura 136

Simulación de iluminación aula 09 cuarto piso



Nota: Resultado gráfico de simulación de iluminación del aula 09 cuarto piso Fuente: Rhinoceros

V. 6.0 Autor: Propia

En esta simulación se puede observar que entrada directa del sol ocurre en la Ventana de la fachada interna del aula, en horas de la tarde. Esta Ventana tiene aproximadamente 0.80 mt de altura por 7.75 mt, no tiene ningún elemento de sombra. Tiene registro entre 1000 lux a 600 lux aproximadamente cerca a la Ventana. del aula. En horas de la mañana debido a la ubicación del edificio no hay radiación directa.

7. CAPITULO - PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PASIVAS A IMPLEMENTAR EN LA FACULTAD DE ARTES

En este capítulo se proponen estrategias pasivas en el caso de estudio 1, del edificio patrimonial, que de acuerdo a los resultados de las mediciones realizadas, se logró detectar falencias climáticas de los espacios, y proponer posibles soluciones que se pudieran lograr, teniendo en cuenta las restricciones y normas que existen en Popayán para este tipo de edificaciones; Con ayuda de las simulaciones computarizadas, obtener registros que mejoren las condiciones de temperatura y lumínicas, con las cuales se puedan diferenciar los resultados.

No se pueden plantear estrategias pasivas en todos los salones analizados, debido a que la normatividad no permite alterar muros, ni ventanas y hay espacios internos que impiden implementar estrategias pasivas.

De acuerdo al PEMP, el nivel de intervención para esta edificación BIC es Nivel 1 (N1): “Conservación Integral (CI), el cual está dentro del grupo arquitectónico de excepcional valor, y debe ser preservado en su integridad. Las obras deben ser legibles y dar fe del momento en que se realizaron” (Resolución DM19, 2022)

El tipo de obra permitido que aplica para las estrategias aquí propuestas estarían dentro de Rehabilitación o adecuación, la cual permite Obras necesarias para adaptar un inmueble a un nuevo uso, garantizando la preservación de sus características. Permiten modernizar las instalaciones, y optimizar y mejorar el uso de los espacios.

Teniendo en cuenta de que esta edificación BIC, tiene un uso institucional educativo diferente al uso original que fue residencial, es necesario mejorar las condiciones actuales en que

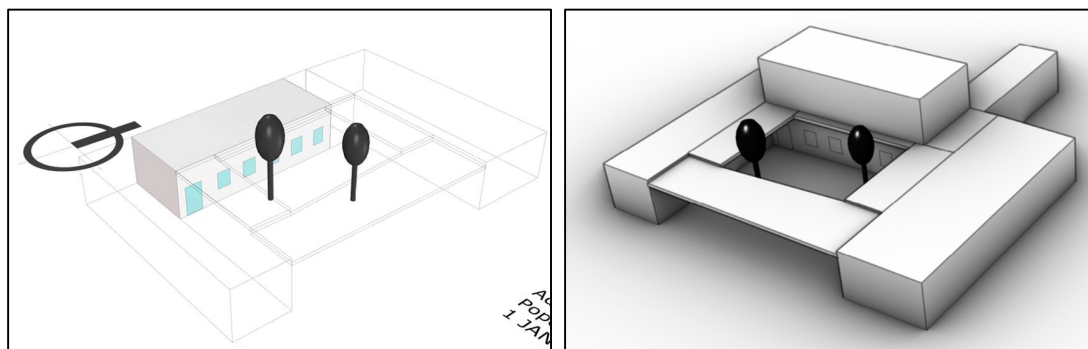
se encuentran los espacios, por lo tanto, a continuación, se plantean las estrategias pasivas propuestas para los siguientes salones:

7.1. Salón124

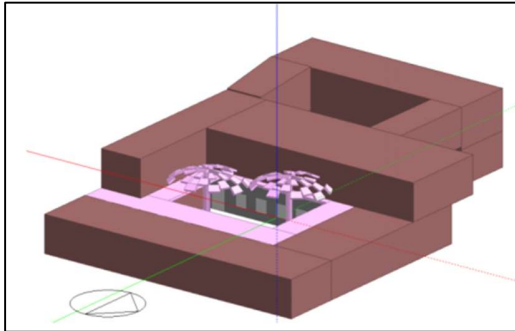
Debido a la ubicación dentro de la edificación, el cual está en un primer piso, como cubierta tiene losa de segundo piso, tiene una fachada hacia un patio y las otras colindan con otros espacios o con corredores, teniendo en cuenta que por norma, no se pueden alterar vanos, para este salón no se pueden plantear nuevas estrategias para mejorar la iluminación; La propuesta que se puede plantear, es que aprovechen las ventanas existentes y las abran, así mejoraría la iluminación y renovación de aire, pero este depende de los usuarios.

Figura 137

Volumetría de propuesta 1- iluminación salón 128



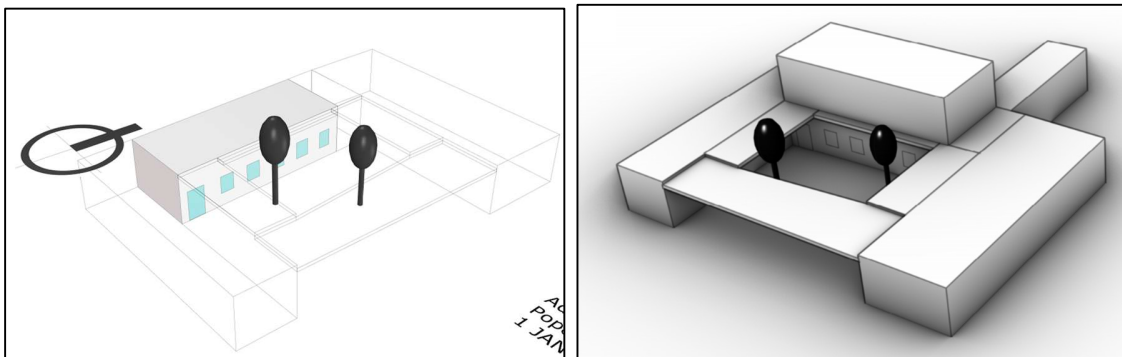
Nota: Modelado 3D de volumetría del salón 128. Fuente: Rhinoceros V. 6.0 y sketchup Autor: Propia.

Figura 138*Volumetría 3D salón 124*

Nota: Modelado en 3D de volumetría salón 124. Fuente: DesignBuilding 6.0

Autor:

Propia

Figura 139*Volumetría de propuesta 1- iluminación salón 128*

Nota: Modelado 3D de volumetría del salón 128. Fuente: Rhinoceros V. 6.0 y sketchup Autor:

Propia

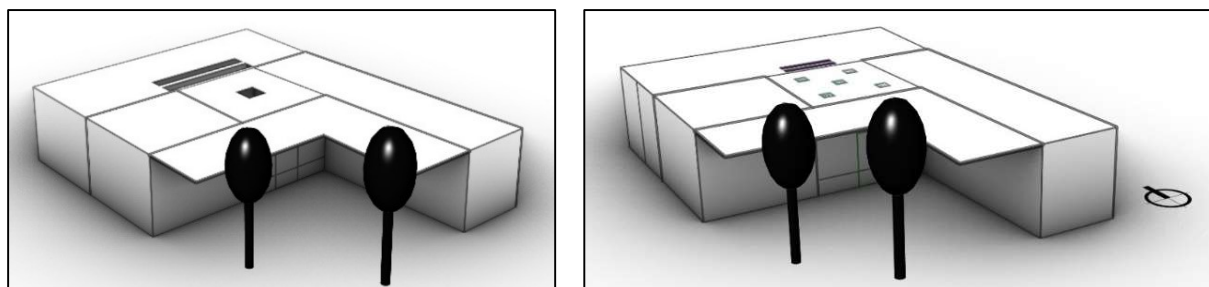
7.2. Estrategia salón 128:

Debido a que la normas para intervenir una edificación BIC, hacen inviable que se puedan generar nuevos vanos en fachadas, se propone realizar una intervención sobre la cubierta, aprovechando que este espacio no tiene un segundo piso y su cubierta es en teja de barro. Esta intervención permite ser legible, y dar fe de la época en que se realizaron, esta intervención promueve ayudar a que la edificación se acerque un poco a ser sostenible.

La propuesta consiste en realizar aberturas o vanos en la cubierta, para generar iluminación natural tanto en el espacio contiguo al salón 128 como en el mismo salón y donde está ubicada la única ventana de este espacio. Esta propuesta haría posible proporcionar luz natural la cual alcanzaría a llegar en un porcentaje a la ventana y disminuir el uso de iluminación artificial.

Figura 140

Volumetría de propuesta 1- iluminación salón 128



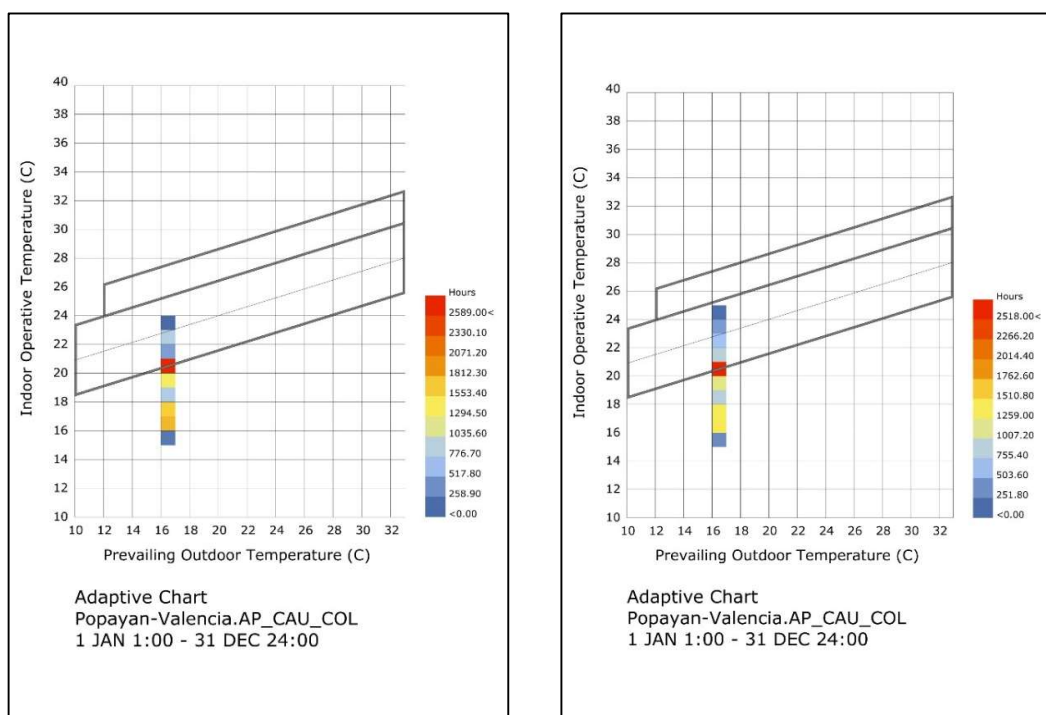
Nota: Propuesta 1 para iluminación en cubierta del salón 128 Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

La propuesta de estrategia 1, consiste en un vano o entrada de luz en cubierta centrado en el espacio, y la estrategia 2, consiste en 5 vanos o entradas de luz en cubierta, distribuidos en el espacio.

Para la simulación de desempeño térmico, se realizaron las dos simulaciones de las dos versiones de estrategias pasivas propuestas a través de las cubiertas,

Figura 141

Comparación de gráfico de confort adaptativo propuesta estrategia 1 y 2



Nota: Derecha Gráfica de confort adaptativo estrategia 1 – Izquierda Gráfica de confort adaptativo estrategia 2 salón 128 Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

Los resultados de las simulaciones de confort térmico, varían poco dentro de la gráfica. La gráfica de la estrategia 1, muestra un rango entre 0 y 600 horas dentro del rango del confort térmico

donde la temperatura interior está entre 19°C y 22°C, y en la estrategia 2, muestra aumenta el rango entre 0 y 755.40 horas dentro del rango del confort térmico donde la temperatura interior está entre 19°C y 23°C; De acuerdo a los registros anteriores, se puede asumir que no hay cambios térmicos en el espacio debido a los muros gruesos y al contexto que rodea el salón, el cual no tiene ninguna fachada expuesta directamente al sol.

Figura 142

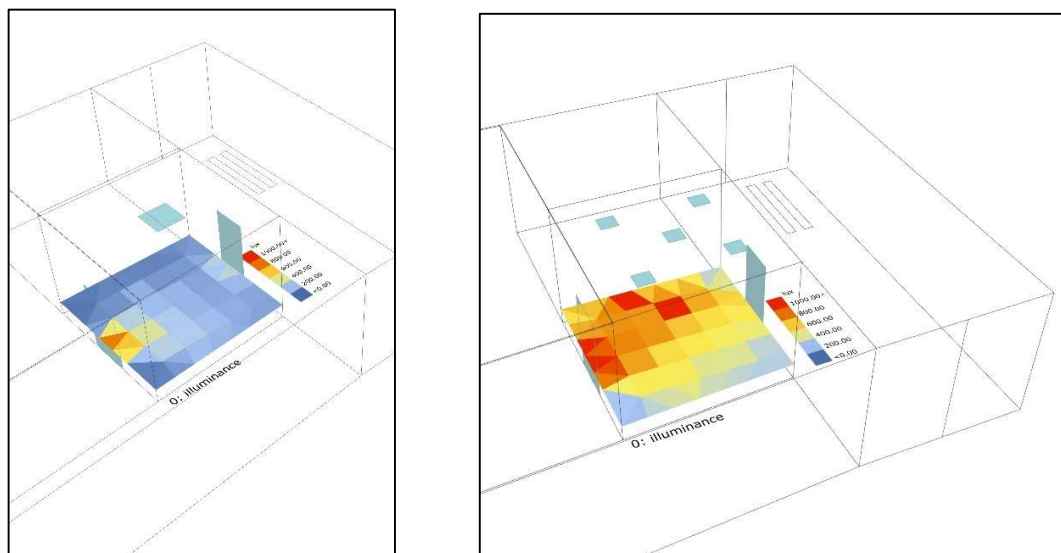
Señalización dentro del espacio contiguo del salón 128 de estrategia pasiva



Nota: La estrategia pasiva para mejora iluminación en el salón 128, implica realizar cambios en el salón contiguo a este, en la foto se muestra la ubicación de la estrategia planteada –Fuente: Departamento de artes-Unicauca Autor: Propia

Figura 143

Simulación de iluminación con estrategias en salón 128



Nota: izquierda Gráfica de iluminación estrategia 1 –Derecha Gráfica de iluminación estrategia 2

Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

La grafica de la simulación de iluminación en las dos propuestas, muestra una mejora importante en la calidad lumínica del espacio, que pasa de 0 lux con puerta cerrada a tener rangos entre 200 y 600 lux con rangos específicos entre 600 y 1000 lux, dependiendo de la época del año, ya que el sol va cambiando de ubicación.

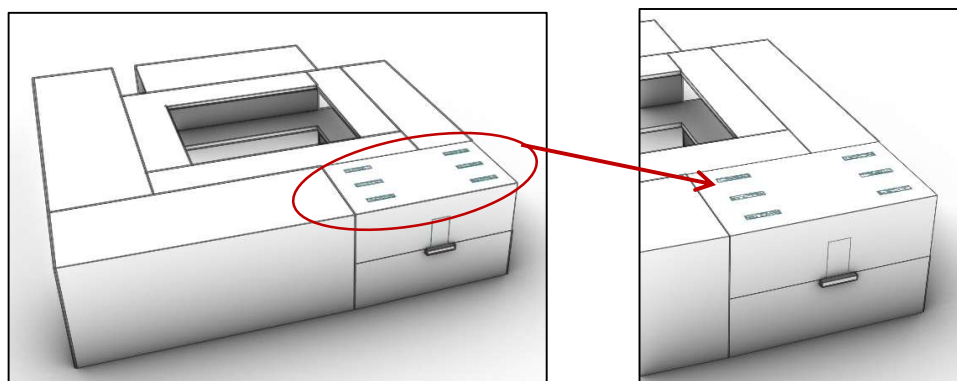
7.3. Estrategia salón 202:

Debido a que la iluminación artificial es obligatoria para lograr funcionar, la propuesta consiste en reducir las horas de iluminación artificial.

Por la ubicación que tiene el salón 202 que se encuentra en una de las fachadas, las normas para intervenir una edificación BIC, hacen inviable que se puedan generar nuevos vanos en fachadas, por lo tanto, se propone realizar una intervención sobre la cubierta, que es en teja de barro, realizando aberturas o vanos en la cubierta, para generar iluminación natural que haría posible proporcionar luz natural y distribuirla en el espacio.

Figura 144

Volumetría de propuesta iluminación salón 202

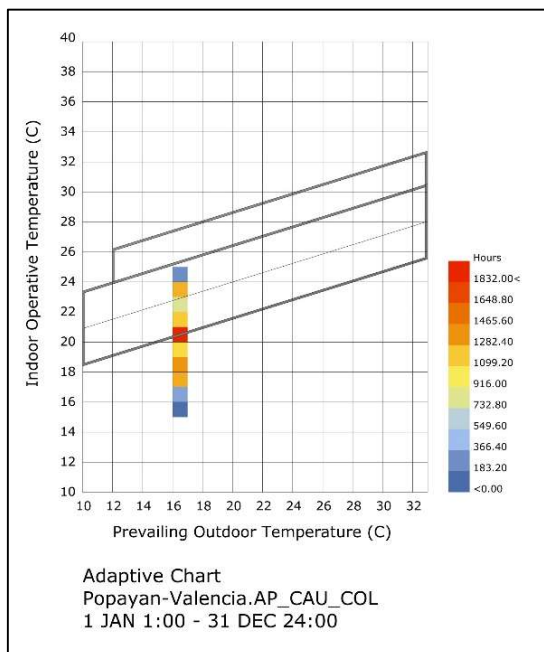


Nota: Propuesta de 6 vanos en cubierta para iluminación del salón 202 Fuente: Rhinoceros V.

6.0 Autor: Propia.

Figura 145

Gráfica de confort adaptativo propuesta estrategia salón 202

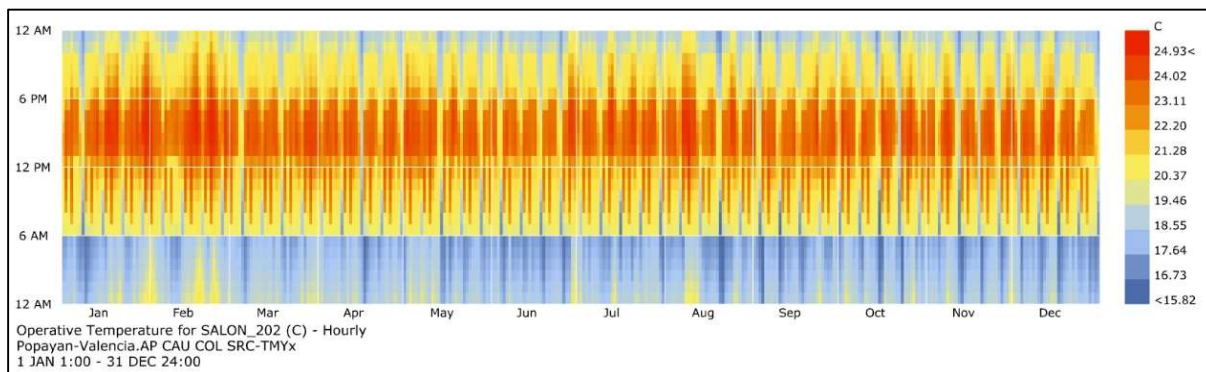


Nota: Resultado gráfico del rango de confort de acuerdo a temperatura interior y exterior salón 202 Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

A pesar del que el salón 202 tiene una fachada expuesta al exterior, a esta fachada le da la radiación de las horas de la mañana, y con la propuesta pasiva de vanos en la cubierta, la simulación de confort térmica, muestra que ya hay más horas dentro del rango de confort.

Figura 146

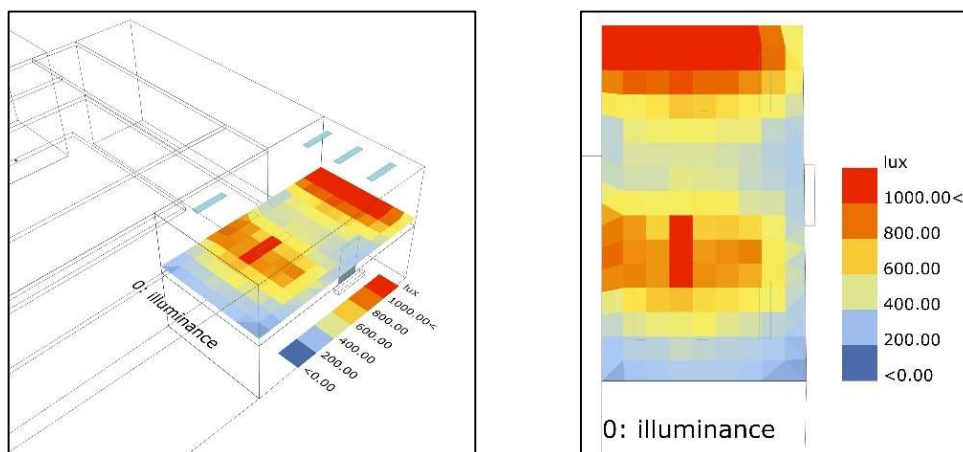
Grafica de desempeño térmico salón 202



Nota: Simulación gráfica de desempeño térmico del salón 202 con estrategia pasiva en aberturas en cubiertas en mes de agosto Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

Figura 147

Simulación de iluminación con estrategias en salón 202



Nota: Simulación de iluminación del salón 202 con estrategia pasiva en aberturas en cubiertas en mes de agosto Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

En el resultado de la simulación de iluminación, se observa rangos entre el 200 lux a 1000 lux, lo cual mejora notablemente

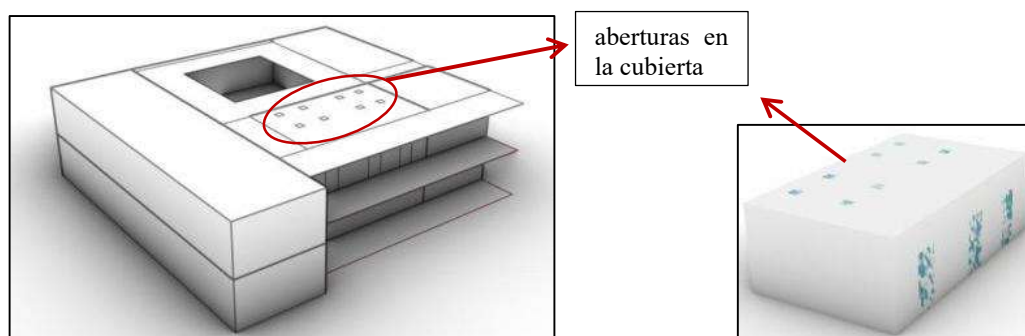
Con esta propuesta se lograría reducir el uso de la iluminación artificial, reflejándose en la cantidad de horas al día.

7.4. Estrategia salón 215:

Aprovechar que el salón se encuentra en un segundo piso con cubierta se propone abrir vanos en la cubierta y lograr mejorar las condiciones de iluminación natural y reducir así la cantidad de horas al día del uso de iluminación artificial.

Figura 148

Volumetría de propuesta iluminación salón 215

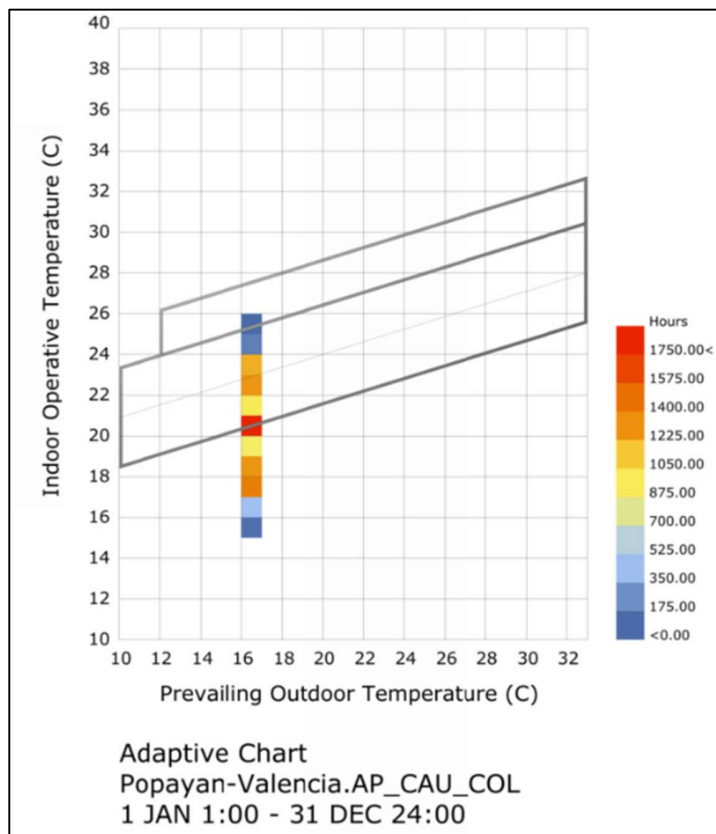


Nota: Propuesta de vanos distribuidos en cubierta para iluminación del salón 215 Fuente:

Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

Figura 149

Gráfica de confort adaptativo propuesta estrategia salón 215

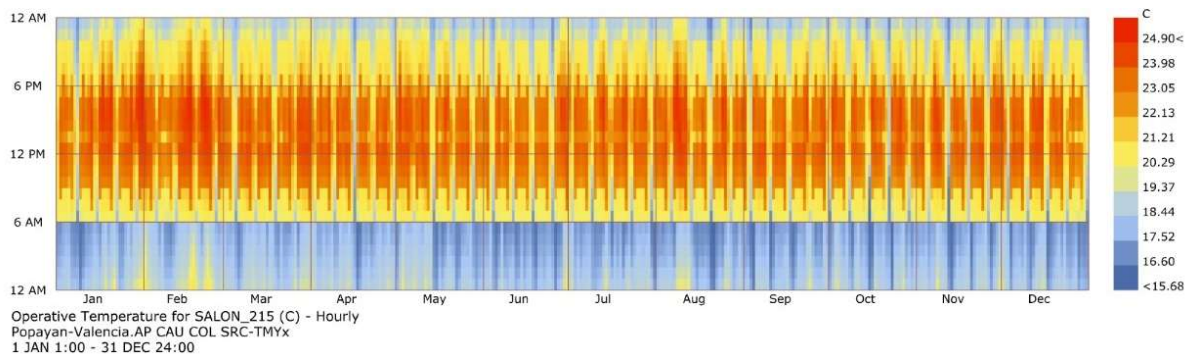


Nota: Resultado gráfico del rango de confort del salón 215 de acuerdo a temperatura interior y exterior Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

El salón 215 no tiene ninguna de sus fachadas expuestas al exterior, se encuentra en el medio de dos patios, con corredores colindantes en sus cuatro lados, siempre se encuentra bajo sombra. Con la propuesta pasiva de vanos o aberturas cenitales, la simulación de confort térmica, muestra que ya hay más horas dentro del rango de confort, ya que la radiación solar ingresa por la cubierta y ayuda a mantener más horas al día dentro del rango de confort.

Figura 150

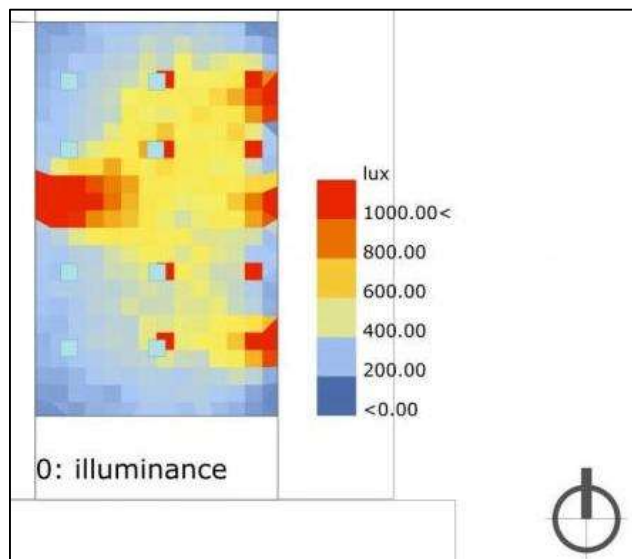
Grafica de desempeño térmico salón 215



Nota: Simulación gráfica de desempeño térmico del salón 215 con estrategia pasiva en aberturas en cubiertas en mes de agosto Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

Figura 151

Simulación de iluminación con estrategias en salón 215



Nota: Simulación de iluminación del salón 215 con estrategia pasiva en aberturas en cubiertas en mes de agosto Fuente: Rhinoceros V. 6.0 Autor: Propia

En el resultado de la simulación de iluminación del salón 215, se observa que el rango de luminiscencia que se encuentra entre el 200 lux a 300 lux, se observa en un 45% del espacio, la luminiscencia registrada entre los 400 y 500 lux se observa en un 45% del espacio y el 10% restante se ven luminiscencias de 1000 lux.

La mayor cantidad de lux se ubica cerca de las zonas acristaladas y hay pequeños espacios puntuales que se generan por los vanos del cielo.

Con esta propuesta se lograría mejorar las condiciones de iluminación del espacio y reducir el uso de la iluminación artificial, reflejándose en la cantidad de horas al día

Estas estrategias propuestas mejoran la calidad lumínica de los espacios anteriormente mencionados, pero térmicamente no hay variaciones importantes, debido a que no hay nuevos vanos o ampliaciones en muros que garanticen una ventilación cruzada, la cual ayudaría en bajar el porcentaje de humedad en los espacios.

7.5. Resumen de resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos en el diagnóstico de las condiciones actuales de cada salón analizado, se realiza una comparación con las estrategias planteadas y como se observa en la figura 152 se puede conocer cuales salones muestran alguna mejora, ya sea en temperatura e iluminación; En cuanto a la ventilación debido a la normatividad que aplica, no se permite modificar muros que son necesarios para mejorar la ventilación.

Figura 152

Resumen de los análisis realizados en los salones de facultad de artes

COMPARACIÓN ENTRE CONDICIONES ACTUALES Y PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS PASIVAS									
	TEMPERATURA			ILUMINACIÓN NATURAL			VENTILACIÓN NATURAL		
	CONFORT ADAPTATIVO	CONDICIONES ACTUALES	PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS	SEGÚN NORMA RETILAP	CONDICIONES ACTUALES	PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS	SEGÚN NORMA VIGENTE AL MOMENTO DEL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO NTC 4595	CONDICIONES ACTUALES	SEGÚN NORMA VIGENTE AL MOMENTO DEL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO NTC 4595
SALON 124	Entre 21,7°C a 26,7°C	Entre 19°C a 23°C	No se pueden plantear nuevas estrategias pasivas por la ubicación del salón y las normas de patrimonio que impiden modificaciones- se pueden mejorar condiciones con el uso y frecuencia de abrir ventanas existentes	mínimo 300 luxes máximo 750 luxes	entre 9 Lux a 65 Lux	No se pueden plantear nuevas estrategias pasivas por la ubicación del salón y las normas de patrimonio que impiden modificaciones- se pueden mejorar condiciones con el uso y frecuencia de abrir ventanas existentes	Asegurar la renovación del aire, con sistemas operables, para dar paso y/o restringir el aire	ventilación unilateral - No hay renovación de aire adecuado.	Entre 35 db a 45db
SALON 128		16°C	Entre 19°C a 23°C		0 lux	Rangos predominantes entre 400 lux a 1000 lux en algunas zonas		No hay ventilacion - No hay renovacion de aire permanente.	
SALON 202		23°C	Entre 22,5°C a 23,5°C		Entre 33 lux a 158 lux	Entre 200 luz a 1000 lux		ventilación unilateral escasa - No hay renovacion de aire adecuado.	
SALON 215		Entre 18°C a 22°C	Entre 22°C a 23°C		Entre 9 lux a 12 lux	Entre 200 luz a 600 lux y en partes puntuales llega a 1000 lux		Existen puertas-ventanas operables que permiten una ventilación cruzada, pero no son utilizadas frecuentemente	

Nota: Comparación por cada salón del confort adaptativo, con las condiciones actuales, estrategias pasivas propuestas referentes al confort ambiental Autor: Propia

8. CAPITULO-REVISIÓN BÁSICA DE LAS RECOMENDACIONES EN INFORME DE BIOCLIMATICA DEL EDIFICIO DE AULAS VS REALIDAD

En este capítulo y teniendo en cuenta que el edificio de Aulas de la Universidad del Cauca, ya está terminado, se logró tomar registro fotográfico, por tanto, se pudo verificar cuales recomendaciones realizadas fueron aplicadas.

No se logra tener mediciones con la edificación terminada, ya que no se cuenta con permisos, el edificio está terminado, pero no entregado ni en uso, al momento de realizar este capítulo.

El informe bioclimático que se tiene, no es específico, realiza recomendaciones generales para propuestas de diseño arquitectónico, en su fase de diseño.

Con esto se quiere resaltar, que dentro de este informe, no se logra determinar cuáles estrategias pasivas se implementaron, y cuáles eran las mediciones esperadas en cuanto a temperatura, iluminación, ventilación.

Dentro del informe también se menciona que se realizaron simulaciones de diagnóstico, donde se tuvieron en cuenta características de materiales específicos, modelación con los vientos predominantes, densidad por ocupación del espacio, entre otras, pero desafortunadamente esos resultados no hicieron parte del informe que fue entregado a la Universidad del Cauca.

En la figura 153, se puede conocer la información anteriormente mencionada, con más detalle.

Figura 153

Datos de condiciones para cálculo para simulaciones

- Densidad de ocupación por espacio, que es la cantidad de personas por m² en los espacios objeto de análisis tiene valores variables en función del espacio, sin embargo, como valor general para la mayoría de las aulas es: 20 personas/40m² (área promedio) = 0,50. Otros espacios fueron modificados en su densidad de ocupación de acuerdo al número de personas referenciado en la tabla “Renovaciones de aire, tasa y tipo de ventilación para espacios del proyecto”.
- Los resultados de confort se refieren solo a los periodos ocupados. Respecto al horario de ocupación, esta se concentra en horas de jornada laboral de la siguiente manera:
 - 00:00 - 07:00 = 0%.
 - 08:00 – 18:00 = 100%. Lunes a sábado.
 - 18:00 – 24:00 = 0%.
- Factor metabólico: 0.8. Tasa metabólica: 127 W/persona. Actividad trabajo de oficina, de pie, caminando.
- La ventilación natural se modeló teniendo en cuenta las condiciones del viento en el sitio como dirección de vientos predominantes y frecuencias, así como la apertura de las ventanas en un 5%. Cuarto y quinto piso con un 22%.
- Características de los materiales:
 - Muros de fachada: Pañete (1cm) + Mampostería en arcilla (12cm) + Pañete (1cm) + Capa de aire (0.8 cm) + Vidrio (0.5 cm). U= 1.84 W.m² K.
 - Muros divisorios: Pañete (1cm) + Mampostería en arcilla (12cm) + Pañete (1cm). U= 1.97 W.m² K.⁵
 - Entrepiso: Concreto (75cm) + Afinado (4cm) + piso laminado vinilo (1cm). U= 0.43 W.m² K.
 - Ventanería: SHGC= 0,55. TL= 0,50. U= 5,60.
 - Cubierta inclinada tipo sándwich con poliuretano inyectado o fibra de vidrio de 30 cm. U= 0.09 W/m² K
 - Cortasoles verticales: Panel Quadrobrise XL 300 vertical de 4,00 M X 0,085M x 0,30 m

Nota: Condiciones de frontera ingresadas para desarrollar los cálculos en una primera simulación de diagnóstico. Fuente: Informe de bioclimática y Sostenibilidad Universidad del Cauca Autor: (Universidad del Cauca, 2021, pág. 25)

- Revisando el área de las aulas, se puede decir que alcanza a cumplir con la densidad de ocupación para un salón de clases, ya que el valor general de densidad es de 0.50 y en este caso, el valor es de 0.59. Relación de área/estudiante, donde el área promedio es de 67.40 m²/40 estudiantes.

- No se puede verificar resultados de confort, ni factor metabólico, ya que estos dependen de uso de los espacios y las horas de ocupación, y el edificio todavía no se encuentra en uso.
- En ventilación natural, la recomendación era que fueran orientadas hacia el noreste y suroeste con altura máx. de 3mts y que también permitiera que la entrada de los vientos fuera controlada ya que se encuentran en la dirección de los vientos predominantes, para la renovación del aire, se recomendaba aperturas adyacentes; Este punto de ventilación natural, también se cumple parcialmente, ya que las aulas, cuentan con ventanales de piso a techo, y a lo largo del espacio en cuanto a la fachada pero la recomendación de apertura adyacente no se cumple ya que el ventanal es continuo e internamente, cuenta con ventanales más pequeños en la parte superior del muro y con ubicación opuesta.
- En cuanto a las características de los materiales, en el informe para los muros de fachadas y muros divisorios, se recomienda mampostería en arcilla, + pañete en ambas caras. En las fachadas se recomienda una de aire de 0.8 cms + vidrio de 5 mm con $U= 1.84 \text{ W.m}^2 \text{ K}$. El edificio fue construido en cuanto a los muros de la fachada, con mampostería en bloque en concreto N°12 tipo estructural, pañete solamente en caras internas, en caras externas o expuestas a la intemperie, el acabado dado fue mortero de 4mm y pintura koraza. En cuanto a los vidrios, dentro del presupuesto el vidrio debía tener filtro solar, en el siguiente cuadro, hay un ajuste en este material.
- En cuanto al piso, en el informe se recomendó piso laminado vinilo, se instaló piso cerámico nórdico, que distan en la composición y características del material.

- Para la cubierta, la recomendación fue cubierta inclinada tipo sándwich con poliuretano inyectado o fibra de vidrio de 30 cm., se construyó con placa aligerada en concreto+impermeabilización, y en las áreas de vacíos, en el diseño arquitectónico se indicaba pérgolas en concreto, el cual se cumple.
- En los cortasoles, si se cumple la especificación de cortasol vertical.

En la figura 154, se puede conocer con más detalle los ajustes nuevos para volver a realizar las simulaciones.

Figura 154

Datos de ajustes de condiciones para cálculo para simulaciones

- Agregar un cortasol permeable sobre el segundo tramo de la rampa exterior, para tamizar la radiación incidente sobre el primer y segundo piso al costado oriental.
- Agregar una franja de rejillas de ventilación al costado inferior en la fachada de cada espacio con un ancho de 74 cm y con un área aproximada de 8% sobre el área vidriada que ocupaba por espacio. Se recomienda que sea de apertura controlada.
- Apertura de las ventanas en un 6.5% del área vidriada.
- Ventanería: vidrio laminado control solar 4 mm SHGC= 0,65. TL= 0,70. U= 5,60.
- Debido a las altas ganancias térmicas en los espacios que tienen dos fachadas esquineras del primer y segundo piso como el salacuna materno, se ha agregado un cortasol horizontal interno de 50 cm de ancho y a 74 cm de distancia del techo en uno de sus costados.
- Se eliminó un cortasol vertical de la fachada sur (pisos 4 y 5) para incrementar el FLD por encima del 2%.
- No se recomiendan materiales adicionales a los ya referidos debido a que se cumple con los requisitos normativos y de los estándares mencionados.

Nota: Condiciones de frontera ingresadas para desarrollar los cálculos en una primera simulación de diagnóstico. Fuente: Informe de bioclimática y Sostenibilidad Universidad del Cauca Autor: (Universidad del Cauca, 2021, pág. 26)

En cuanto a los nuevos ajustes:

- En el diseño arquitectónico no se ve reflejado algún cortasol, sobre el segundo tramo de la rampa exterior, por consiguiente, no estuvo presente en el presupuesto ni en la construcción.
- Para la ventilación, el informe recomendó ventilación al costado inferior de la fachada en cada espacio, con apertura controlada, la ventana de las fachadas de cada espacio, tiene un sistema de ventanas corredizas. El total de la altura de la ventana es de 2.70 mts, de los cuales 1.84 mt es fija, y 0.64 mts es corrediza; en el muro opuesto las ventanas son corredizas con una altura de 0.80 mt.
- Se realizó un ajuste, en el tipo de vidrio de las ventanas, el cual es laminado control solar de 4mm SHGC=0.65, dentro del presupuesto y construcción este material cumple.

De acuerdo a la información recopilada en el informe ambiental de la Universidad del Cauca, se realizó un cuadro resumen, como se observa en la figura 155, donde textualmente, se clasifica las propuestas planteadas a nivel de confort ambiental en el edificio de Aulas:

Como los dos edificios analizados se encuentran en la zona urbana de la ciudad de Popayán, el resultado del cálculo para conocer el rango de temperatura de la zona de confort es el mismo utilizado en el edificio de la Facultad de Artes: **TEMPERATURA ZONA DE CONFORT: ENTRE 21.7°C Y 26.7°C.**

Figura 155

Resumen teórico de las propuestas para la implementación de estrategias pasivas

RESUMEN PROPUESTAS PARA LA FASE DE DISEÑO ARQUITECTONICO DEL EDIFICIO			
	PARÁMETROS MÍNIMOS DE LA RESOLUCIÓN 549 DE 2015- VIGENTE AL MOMENTO DEL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO	CONDICIONES ACTUALES	TEMPERATURA
EDIFICACION GENERAL	Estrategias pasivas de acuerdo al clima templado: maximizar los efectos del calentamiento del sol aprovechando su trayectoria para calentar los espacios interiores, orientar los edificios en sentido norte – sur para aumentar su exposición a la radiación solar y evitar el ingreso de ventilación de altas velocidades al interior. Renovación de aire (mínima ventilación), maximizar los aportes de energía solar y maximizar el aislamiento térmico para evitar enfriamiento nocturno.	Orientación del edificio a lo largo del eje norte - Ubicación de espacios con mayor permanencia a lo largo de las fachadas expuestas a la luz solar directa	Para controlar y tamizar la radiación solar, se incluye cortasoles vertilacels, control solar en vidrio laminado SHGC=0,65

Nota: En este cuadro, se consolidaron las propuestas realizadas en el informe bioclimático para la fase de diseño Arquitectónico. Fuente: primera versión de guía bioclimática de la Unicauca (Universidad del Cauca, 2022) Autor: Propia.

Como no se tienen los resultados ni gráficas de las simulaciones mencionadas en el informe, en las figuras 155 a 158, se pueden observar, que dichos ajustes se tuvieron en cuenta en el diseño arquitectónico ejecutado.

Figura 156

Ventana de fachadas



Nota: ventana fija y corrediza en parte superior a lo largo del espacio. Autor: Propia

Figura 157

Ventana interna



Nota: La foto muestra la ventana corrediza en parte superior a lo largo de espacio. Autor: Propia

Figura 158*Ventana interna*

Nota: La foto muestra las pérgolas en concreto en los vacíos al interior de la edificación. Autor: Propia

Figura 159*Pérgola en concreto y cubierta de terraza*

Nota: La foto muestra las pérgolas en concreto y la cubierta de la terraza. Autor: Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación computacional realizada en este trabajo de grado, para los salones del edificio de aulas, se realiza una comparación con las estrategias teóricas planteadas y la percepción final como se observa en la figura 160. Al no tener mediciones de las condiciones actuales, no se pueden evaluar mejoras, pero si se pueden plantear algunas propuestas que puedan ayudar a mejorar las falencias que se evidencian.

Las falencias que han sido detectadas, es el porcentaje de cristales en ventanas, en relación a la proporción ventana-pared, ya que están ubicadas en las fachadas más larga de la edificación, y donde están ubicados todos los salones que son los lugares de mayor permanencia de personas; Aunque tiene una protección solar como cortasol vertical, se alcanza a filtrar radiación solar, generando incomodidad para los estudiantes que se encuentren más cercanos a los ventanales. Otra falencia detectada es la altura de las ventanas operables, ya que solo las pueden operar personas con una estatura mayor de 1.75 mts, la cual está por encima de la cabeza de la gran mayoría de personas, especialmente de las aseadoras que son quienes cierran y abren ventanas al iniciar o terminar el día.

Figura 160

Comparación entre condiciones ambientales simuladas y propuestas de diseño.

COMPARACIÓN ENTRE CONDICIONES ACTUALES Y PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS PASIVAS									
	TEMPERATURA			ILUMINACIÓN NATURAL			VENTILACIÓN NATURAL		
	CONFORT ADAPTATIVO	SIMULACION COMPUTACIONAL	PERCEPCION FINAL DEL CUMPLIMIENTO	SEGÚN NORMA RETILAP	CONDICIONES ACTUALES	PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS	SEGÚN NORMA VIGENTE AL MOMENTO DEL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO NTC 4595	CONDICIONES ACTUALES	PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS
SALON 01- SEGUNDO PISO	Entre 21,7°C a 26,7°C	25°C a 28°C Y 60% a 80% Humedad	Esta al limite del inicio de la temperatura máxima. Es necesario que las ventanas operables esten abiertas en temporadas de alta temperatura	mínimo 300 luxes máximo 750 luxes	Iluminación natural: entre 100 Lux a 1000 Lux	Es necesario instalar que las ventanas una mayor protección solar a los vidrios de las fachadas. una película VLT (Transmisión de Luz Visible) del 35% al 50%. Esto bajará los 1000 Lux a un nivel confortable (400-500 Lux) sin que el espacio se sienta sombrío cuando el aporte natural sea de 100 Lux.	Asegurar la renovación del aire, con sistemas operables, para dar paso y/o restringir el aire	ventilación unilateral - No hay renovacion de aire adecuado.	película con una VLT (Transmisión de Luz Visible) del 35% al 50%. Esto bajará los 1000 Lux a un nivel confortable (400-500 Lux) sin que el espacio se sienta sombrío cuando el aporte natural sea de 100 Lux.
SALON 07 - TERCER PISO		27°C a 29°C Y 50% a 100% Humedad	Esta por fuera de la temperatura máxima del confort adaptativo. Es necesario que las ventanas operables esten abiertas en temporadas de alta temperatura e instalar una mayor protección solar a los vidrios de las fachadas.		Iluminación natural: entre 200 Lux a 1000 Lux			No hay ventilacion - No hay renovacion de aire permanente.	
SALON SALON 09- CUARTO PISO		25°C a 27°C Y 50% a 80% Humedad	Alcanza a estar a una temperatura confortable		Iluminación natural: entre 100 Lux a 1000 Lux			ventilación unilateral escasa - No hay renovacion de aire adecuado.	

Nota: Mediciones obtenidas mediante simulación computacional de acuerdo al diseño actual comparadas con teorías propuestas en diseño arquitectónico. Autor: Propia

9. CAPITULO - CONCLUSIONES

1. La importancia de conservar una edificación BIC que esté adecuada a un uso institucional educativo, radica en que tiene un uso constante y permite que haya vida en estas edificaciones.
2. Dentro de los niveles de conservación de los edificios BIC, se debería tener una clasificación de acuerdo al uso que autorizó y así mismo el tipo de intervención que se permite, ya que, para uso institucional educativo, se debe garantizar rangos mínimos de ventilación, iluminación, áreas por persona y también tener en cuenta que debe ir a la vanguardia de la tecnología de la época.
3. La Facultad de Artes y Música, no deberían funcionar dentro de esta misma edificación, ya que la infraestructura no permite adaptar de manera eficiente los requerimientos que demanda una Facultad de Música.
4. El sistema constructivo de muros en tapia pizada, no permite que la radiación del sol caliente la superficie de los muros e ingrese a los espacios para aumentar la temperatura de estos, por tal motivo las gráficas de confort adaptativo no varían independientemente de la ubicación del salón.
5. Las estrategias de intervención arquitectónica de creación de aberturas cenitales en los salones del edificio BIC, reflejan una mejora de lux en los salones, acercándose a los niveles adecuados para el tipo de actividades educativas, reduciendo la cantidad de horas en que se deban utilizar la iluminación artificial.

6. Las estrategias de aberturas cenitales si mejoran el comportamiento lumínico de los espacios, pero no tiene un cambio muy significativo en el comportamiento térmico debido al sistema constructivo de los muros de tapia pizada.
7. Para los salones dentro de la edificación BIC, que no tienen contacto con la cubierta, no hay mejoras significativas, la normatividad no permite alterar fachadas.
8. A pesar de que el edificio nuevo de Aulas está diseñado con los criterios básicos de bioclimática, al ser un proyecto que se ejecuta con recursos públicos, es vulnerable a ajustes presupuestales, los cuales interfieren en el comportamiento climático para el cual fue diseñado.
9. Una ventaja del diseño de un edificio nuevo, es que el diseño de eficiencia energética está tomado en cuenta, y las luminarias y equipos tiene baja carga, caso contrario pasa en una edificación BIC, que se debe realizar el cambio paulatinamente, y en ocasiones no se puede, esto sigue generando altos costos en los mantenimientos de este tipo de edificaciones.
10. En una construcción nueva, se debe mantener una conciencia para respetar parámetros y materiales pensados en parámetros térmicos, los cuales, ante posibles recortes de presupuestos, son los que desaparecen de un presupuesto y finalmente no se construye.
11. Para un obligatorio cumplimiento de normas para bioclimática, se debe garantizar por parte del estado, que lo proyectado se cumpla en la ejecución.
12. De acuerdo a lo analizado en las dos edificaciones, en la figura 161, se plantea un resumen de lo encontrado:

Figura 161

Análisis comparativo entre edificio BIC y edificio Nuevo para uso educativo.

	SALONES EN EDIFICACION BIC	SALONES EN EDIFICACION NUEVA
DISEÑO ARQUITECTÓNICO	No se puede alterar debido a las normas estrictas que aplican.	Desde el Anteproyecto pueden implantar la volumetría teniendo en cuenta la orientación del sol y vientos predominantes.
TEMPERATURA	Oscilan entre 16°C y 23°C, las cuales en su mayoría están por fuera de la temperatura de confort adaptativo	Se puede determinar el rango de temperatura interna, ya que se puede escoger materiales y control solar desde el inicio del diseño arquitectónico y mediante simulaciones computacionales proyectar lo mejor para que el proyecto aproveche la iluminación y ventilación natural, que ayuda a tener un ahorro de energía y agua.
VENTILACION NATURAL	La relación entre el espesor de los muros y las ventanas o aberturas, impiden una adecuada renovación de aire y en muchas ocasiones solo hay ventilación unilateral.	Desde el diseño arquitectónico, la ubicación de ventanas y/o aberturas para ingreso de viento, los materiales de las ventanas, filtros en vidrios y/o estrategias de control solar para la radiación.
ILUMINACIÓN	Oscila entre 0 lux y 158 lux. No cumplen con la medida mínima requerida de iluminación para salones educativos.	Desde el diseño arquitectónico, la ubicación de ventanas, filtros en vidrios, simulaciones computacionales hacen que se pueda determinar la mejor relación ventana-pared
IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS PASIVAS	Se pueden implementar, pero hay que realizar estudios rigurosos y solicitar permiso, en el caso del edificio de la Facultad de Artes, debe ser emitido tanto por los funcionarios de la ciudad como por Bogotá.- Esto hace que los trámites sean demorados para realizar remodelaciones o mejoras que aporten mejoras significativas a la calidad de confort	Se pueden aplicar las estrategias pasivas más convenientes de acuerdo al clima y ubicación del proyecto, solo hay que tenerlo en cuenta desde el inicio del diseño arquitectónico, para que no se convierta en el resultado de implementación de control solar sin un equilibrio armónico y estético.
AHORRO DE ENERGÍA Y AGUA	Es necesario la iluminación mixta (natural y artificial), lo que genera altos costos en servicios públicos, mantenimientos en cambio de luminarias, por ser edificaciones tan antiguas, no hay planos definidos ni claros, de las tuberías de agua y alcantarillado, el mantenimiento se hace más costoso y dispendioso, debido a que se debe reemplazar piezas en piso que ya no se consiguen o es mejor hacer un nuevo recorrido que también implica afectaciones en pisos o muros difícil de volver a que queden igual al original.	el diseño eléctrico y sanitario ya está concebido para que el ahorro de agua y energía tenga las estrategias estipuladas en la normatividad vigente en el inicio del diseño, con aparatos tanto eléctricos como sanitarios que son ahorradores.
COSTOS DE MANTENIMIENTO	Estos edificios necesitan un mantenimiento más continuo y en ocasiones especializado.	La inversión inicial es alta, pero con mantenimientos más periódicos y programados.
VENTAJAS	Se da vida y uso a edificaciones ya construidas, donde la huella del CO2 no se va a incrementar. El tener uso institucional educativo hace que exista movimiento en cercanías a estos edificios, por lo tanto mejora la calidad de vida	Se puede moldear y tener en cuenta estrategias desde el inicio,
PROPUESTAS PARA MEJORAS	Dar calidad y confort adaptativo a los espacios interiores de mayor permanencia, permitiendo en cuanto a permisos que se puedan realizar las intervenciones que realmente son necesarias y mejoren el espacio. Para no perder la huella del tiempo, se debe agregar elementos similares pero que se puedan identificar como mejoras dentro de los elementos de la época original.	Los informes bioclimáticos en que se basó el diseño arquitectónico, deben ser entregados completos, con los resultados de las mediciones de las simulaciones realizadas, y como se aplican las estrategias en el diseño de acuerdo a esos resultados.

Nota: Reflexiones de la implicación que se tiene dentro de un edificio BIC y una construcción nueva. Autor: Propia

10. GLOSARIO

BIC: Bienes de Interés Cultural del Ámbito Nacional.

PEM: Manejo Especial de Manejo.

UNICAUCA: Universidad del Cauca.

NTC: Norma Técnica Colombiana.

RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

DENSIDAD APARENTE: es la relación entre la masa y el volumen total que ocupa un material, la unidad en que se expresa es Kg/m^3

RESISTENCIA TÉRMICA R: es la oposición al paso del calor que presentan los elementos de la construcción. Básicamente es el espesor (e) del material dividido sobre su conductividad térmica (λ) $R=e/\lambda$ se mide en $\text{m}^2.\text{K/W}$

TRANSMITANCIA TÉRMICA U: es la capacidad que tiene una solución constructiva de permitir el paso del calor, es decir, se mide cuanto es la cantidad o flujo de calor que pasa a través de un elemento constructivo por una determinada superficie. Cuando el valor U es muy alto, significa que es una solución que permite el paso del calor.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA: Se refiere a la eficiencia con que un material transfiere calor a través de sí mismo, se mide en vatios por metro y kelvin (W/m. K). Un material con alta conductividad térmica conduce calor fácilmente, y cuando tiene baja conductividad es un buen aislante.

CAPACIDAD CALÓRICA: Esta propiedad indica cuanto calor almacena un material, se mide en julios por kilogramo y kelvin (J/kg. K).

MASA TÉRMICA: Capacidad de almacenamiento de calor por unidad de área.

11. BIBLIOGRAFÍA

- al, U. e. (mayo de 2022). Cátedra de propiedades físicas y mecánicas de la madera. *Fundamentos teóricos-prácticos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera*. Argentina: Universidad Nacional de Santidomínguez del Estero.
- Alcaldía de Popayán. (s.f.). Obtenido de <http://www.popayan.gov.co/ciudadanos/popayan/historia>
- Bravo, A. C., Montoya, F. F., & Piamba, N. M. (14 de Octubre de 2021). *Encuentros de investigación Formativa RAD*. Obtenido de Metodología de intervención arquitectónica para patios declarados BIC. Caso: Claustro la Encarnación: <https://doi.org/10.53972/RAD.eifd.2019.2.30>
- Buitrag-Campos, L. (2016). Conservar o renovar: dinámicas de construcción en el centro histórico de tres ciudades intermedias patrimoniales. Una mirada a través de las licencias urbanísticas. *Portal de revistas- Universidad Católica de Colombia*, <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/849>.
- Burgos, A. C. (01 de 10 de 2021). *Revista PH 104*. Obtenido de Patrimonio y sostenibilidad. Las buenas prácticas en la rehabilitación energética de edificios patrimoniales.: <https://doi.org/10.33349/2021.104.4966>
- calor, E. v. (s.f. de s.f. de s.f.). *Vitralba*. Obtenido de https://vitralba.com/wp-content/uploads/2018/09/el_vidrio_y_la_transmision_de_calor.pdf
- Castillo, A. (2007). *Propiedades térmicas de los materiales*. Obtenido de Web del Profesor: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/franz/index.html/TC/Tablas%20de%20propiedades.pdf>

- Chávez Galán, J. (2009). *Evaluación experimental de propiedades térmicas de materiales de construcción nacionales y desarrollo de ventanas ahorradoras de energía-Tesis*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cionfrini, C. (2016/2017). Trabajo Final de Máster en Gestión de Patrimonio Artístico y Arquitectónico. *Intervenciones en el patrimonio construido. Aplicaciones desde la sostenibilidad*. Las palmas- gran Canaria, España.
- Cultiño Rosales, M. R. (Junio de 2020). *Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de construcción con tierra*. Obtenido de Revista de Arquitectura Universidad Católica de Colombia: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2020.2348>
- Ecoingeniería. (2012). *Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energetico en la produccion de acero, concreto...* Cali.
- EFEverde, R. (2020). Edificios y sector de la construcción suman 38 % de emisiones globales de CO2. *EFE: VERDE*, <https://www.efeverde.com/noticias/co2-edificios-sector-construccion>.
- Elejalde, L. L. (13 de Abril de 2018). *La República*. Obtenido de En Colombia, 1.007 bienes son patrimonio arquitectónico declarado por MinCultura: <https://www.larepublica.co/infraestructura/en-colombia-1-007-bienes-son-patrimonio-arquitectonico-declarado-por-mincultura-2713247>
- energía, M. d. (30 de Marzo de 2010). Resolución No. 180540. *Anexo general del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público*. Bogotá, Colombia.
- Franco, S. I. (JUNIO de 2020). Evaluación térmica de viviendas constidas con paneles de fibrocemento. *Evaluación térmica por medio de simulación computacional de las*

- viviendas de interés social modelo, construidas con paneles de fibrocemento mediante el Sistema celular, por ETERNIT en 3 climas de Colombia y valoración económica, para su implementación.* Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Gama, C. E. (2007). La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. Apuntes. *Revista universidad Javerian*.
- González, M. U. (2019). Otra oportunidad para el patrimonio construido. En A. M. Bogotá, *Patrimonio Renovado* (pág. 07). Bogotá: Buenos y creativos SAS.
- Jesús, C. G. (2009). *Evaluación experimental de propiedades termicas de materiales de construccion nacionales desarrollo de ventanas ahorradoras de energía-tesis*. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
- M&M, G. (s.f.). *GRUPO M&M CONSULTORIA SAS*. Obtenido de <https://grupomym.com.co/>
- Ministerio de Cultura Colombia. (2022). *Resolución DM 19* (Vol. 51.936). Bogotá: Diario oficial.
- Obtenido de https://normograma.mincultura.gov.co/mincultura/compilacion/docs/resolucion_mincultura_0019_2022.htm
- Ministerio de Educación. (3 de Octubre de 2025). *Inversion para infraestructura en educación*.
- Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/portal/salaprensa/Comunicados/425691:Mas-de-120-000-millones-para-infraestructura-en-educacion-basica-y-media-y-100-000-millones-adicionales-en-educacion-superior-el-Cauca-recibe-la-mayor-inversion-educativa-de-su-historia>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (21 de Julio de 2015). *Norma Técnica NTC 4595- Ingeniería Civil y Arquitectura Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes*

- Escolares*. Bogotá D.C: INCOTEC. Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-printer-96894.html>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015, 20 de Mayo). *Resolución 0549*. Bogotá D.C: Diario Oficial de Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2025). *Resolución 0194*. Bogotá: Diario oficial de Colombia.
- Morales Alarcon, F. &. (2025). Infraestructura universitaria insuficiente y su impacto en el derecho a la educación: análisis comparado entre Ecuador, Argentina y Colombia. *REVISTA COLINCING*.
- Mosquera, J. V. (2022). *Consideraciones sobre la arquitectura en Popayán*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Pacheco martínes, N. .. (2021). *RIDE: Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. Obtenido de Evaluación del impacto de la infraestructura física educativa en la educación: <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.940>
- Presidencia de la Republica de Colombia. (18 de ABRIL de 2010). DIARIO OFICIAL. *MINISTERIO DE CULTURA - RESOLUCION NUMERO 2432 DE 2009*, pág. 3.
- Presidencia de la Republica de Colombia. (2019). *Decreto 2358*. Bogotá: Diario oficial. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=104832>
- Roa, A. S. (2017). *La Red Cultural del Banco de la Republica de Colombia*. Obtenido de La Arquitectura en Colombia en varios tiempos: <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-334/la-arquitectura-en-colombia-en-varios-tiempos>

- Rodriguez, -M. N., Nájera-Trejo, M., & Martín-Dominguez, I. R. (2018). *Análisis del desempeño térmico de los sistemas constructivos de un edificio de oficinas mediante simulaciones dinámicas*. Mexico: Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Sebastian, I. F. (2020). *Evaluación térmica por medio de simulación computacional de las viviendas de interés social modelo, construidas con panes de fibrocemento..* Bogotá: Universidad de los Andes.
- Sierra, C. L. (25 de Septiembre de 2018). Condicionantes bioclimáticos en la arquitectura colonial de Colombia: la casa-patio en Cartagena de Indias y Bogotá. *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 7(12), 7(18).
- Silva, M. B. (2001). La Vivienda a patios de origen hispanico su difusión en iberoamerica. *Actas del III Congreso Internacional del Barroco Americano*. Tucumán-Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- Suirezs, T. M. (2010). *Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. 1a ed.* Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones.
- TGR. (s.f. de s.f de s.f.). TGR. Obtenido de <https://www.trgsl.es/es/noticias/aleacion-aluminio-tipos-propiedades>
- Universidad del Cauca. (2021). *Bioclimática y sostenibilidad-Recomendaciones*. Popayán.
- Universidad del Cauca. (2022). *Bioclimática y sostenibilidad Universidad del Cauca - Recomendaciones* . Popayán.
- Universidad del Cauca. (s.f.). *Faculta de Artes*. Obtenido de <https://www.unicauca.edu.co/versionP/conozca-unicauca/planta-fisica-y-sedes/facultad-de-artes>

- Vallejo, M. A. (2016). Adecuación funcional de la Arquitectura doméstica tradicional de valor patrimonial para la reactivación del uso de vivienda en el sector histórico de Popayán. Estudio de Caso. Casa Mosquera. *Tesis para optar el título de Arquitecta*. Bogotá D.C, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Villacís, G. S. (2015). *Caracterización física, mecánica térmica del materiales vernáculos de la región sierra del Ecuador-Tesis*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Yeso, A.-A. T. (2023). *Manual de ejecución revestimientos con Yeso*. Madrid: ATEDY.