

**ESTRATEGIAS NEUROARQUITECTÓNICAS PARA EL DISEÑO DE ESPACIOS EDUCATIVOS  
MULTISENSORIALES: UN ENFOQUE EN EL DESARROLLO Y APLICACIÓN RVI**

Diana Fernanda Hidalgo Mendoza, Nicol Valentina Mayorga Herrera

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto

Alberto Nope Bernal Profesor



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2023



### Dedicatoria

*A mi Madre y hermano, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio para brindarme la oportunidad de alcanzar mis metas. A Alejandra Paiva por su constante soporte y confianza en mis capacidades pues han sido el pilar fundamental que me ha llevado a culminar este proyecto académico. A Angie Londoño quien desde el inicio de mi carrera ha sido mi apoyo incondicional, impulsándome a creer en la posibilidad de alcanzar cada uno de mis sueños, a mi asesor, compañera de tesis, docentes, amigos y seres queridos por su ánimo y comprensión en cada etapa de este proyecto. Este logro no hubiera sido posible sin su constante colaboración y respaldo. Su presencia ha sido mi mayor inspiración en este viaje hacia la culminación de este trabajo.*

*Diana Hidalgo*

*Agradezco principalmente a mi padre y abuela por los valores que fueron inculcados desde mi infancia, por el apoyo, la crianza, el amor y la confianza que me han otorgado a lo largo de mi vida, infinitas gracias por ser mi primera fuente de aprendizaje, por guiarme hacia un camino de progreso y esperanza, ofreciéndome siempre un hogar tanto en mis equivocaciones como en mis aciertos haciendo que su aporte sea lo más significativo de mi existencia, pues son la base de lo que soy hoy en día, mi motor e inspiración.*

*A mis compañeros por su valiosa amistad que aportó en mi construcción como profesional en estos años llenos de aprendizajes y alegrías, infinitas gracias a mis docentes no únicamente por su paciencia y acompañamiento, sino también por su contribución académica y por ser una guía en mi proceso de transformación como profesional*

*Valentina Mayorga Herrera*



Tabla de contenido

RESUMEN .....11

ABSTRACT .....12

INTRODUCCIÓN .....13

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES.....15

    1.1. PROBLEMA OPORTUNIDAD .....15

    1.2. JUSTIFICACIÓN .....17

    1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....18

    1.4. OBJETIVOS.....18

        1.4.1. *Objetivo General* .....18

        1.4.2. *Objetivos Específicos* .....18

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....20

    2.1. ESTADO DEL ARTE .....20

        2.1.1. *La Evolución del concepto Neuroarquitectura* .....20

        2.1.2. *Aplicando la neurociencia en la arquitectura* .....21

        2.1.3. *De la noción a la realidad* .....22

    2.2. MARCO CONCEPTUAL .....23

        2.2.4. *Emplazamientos Funcionales*.....23

        2.2.5. *Polifonía De Los Sentidos En La Arquitectura* .....25

        2.2.6. *Influencia De La Neuroarquitectura En Espacios Educativos* .....27

    2.3. MARCO NORMATIVO .....30

        2.3.1. *Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP)* .....30

        2.3.2. *Norma Técnica Colombiana (NTC)* .....31

    2.4. MARCO METODOLÓGICO.....37

        2.4.1. POBLACIÓN.....37

2.4.2. MUESTRA .....	37
2.4.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	38
2.4.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	38
2.4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	39
2.4.5. PROCEDIMIENTOS.....	39
<b>CAPÍTULO 3 DIAGNÓSTICO FÍSICO-ESPACIAL DE AULAS CASO DE ESTUDIO.....</b>	<b>41</b>
3.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN .....	41
3.2. REGISTRO FOTOGRÁFICO .....	46
3.3. LEVANTAMIENTO 2D.....	49
3.4. ANÁLISIS LUMÍNICO .....	54
3.5. LEVANTAMIENTO 3D.....	59
3.6. ENCUESTAS A MUESTREO ESTRATIFICADO EN SALONES CASO DE ESTUDIO .....	60
3.7. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES.....	75
<b>CAPÍTULO 4 ESTRATEGIAS DE DISEÑO NEUROARQUITECTÓNICO APLICABLES A ESPACIOS EDUCATIVOS .....</b>	<b>79</b>
<b>CAPÍTULO 5 DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
5.1. MATRIZ MORFOLÓGICA .....	85
5.2. VARIACIONES .....	86
<b>CAPÍTULO 6 IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE VARIACIONES EN REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA.....</b>	<b>99</b>
6.1. FLUJO DE TRABAJO.....	99
6.2. IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS PLANTEADOS EN REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA.....	99
6.3. EVALUACIÓN DE ESCENARIOS PRESENTADOS EN REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA .....	107
<b>CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>123</b>
<b>LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>124</b>

LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Relación de aberturas para ventilación..... 34

**Figura 2:** Salón C203 Universidad La Gran Colombia ..... 47

**Figura 3:** Salón D202 Universidad La Gran Colombia ..... 48

**Figura 4:** Salón F401 Universidad La Gran Colombia ..... 48

**Figura 5:** Salón I106 Universidad La Gran Colombia ..... 49

**Figura 6:** Levantamiento 2D y Análisis Lumínico del Salón C203..... 50

**Figura 7:** Levantamiento 2D y Análisis Lumínico del Salón D202 ..... 51

**Figura 8:** Levantamiento 2D y Análisis Lumínico del Salón F401..... 52

**Figura 9:** Levantamiento 2D y Análisis Lumínico del Salón I106..... 53

**Figura 10:** Luxómetro PCE-174 ..... 54

**Figura 11:** Levantamiento 3D de salones caso estudio a) Salón C203, B) Salón D202, c) Salón F401, D) Salón I106. .59

**Figura 12:** Porcentaje de estudiantes con molestia/incomodidad por ruido externo ..... 60

**Figura 13:** Efectos negativos en estudiantes ante el ruido externo..... 61

**Figura 14:** Apoyo de estudiantes hacia mitigación de ruido ..... 62

**Figura 15:** Percepción de la importancia de la iluminación natural en salones ..... 63

**Figura 16:** Sensaciones de estudiantes ante la falta de iluminación natural ..... 64

**Figura 17:** Percepción de estudiantes sobre adecuación de la Iluminación Artificial en las aulas ..... 66

**Figura 18:** Sensación térmica de estudiantes en salones ..... 66

**Figura 19:** Influencia de olores en la participación en actividades educativas..... 68

**Figura 20:** Contribución de los Olores a la Experiencia de Aprendizaje..... 68

**Figura 21:** Evaluación de la percepción estudiantil sobre la mitigación de olores ..... 69

**Figura 22:** Influencia de los colores en la concentración y atención ..... 70

**Figura 23:** Preferencias de color y percepción de comodidad en espacios educativos..... 71

**Figura 24:** Preferencia de texturas en el entorno de aprendizaje..... 72

**Figura 25:** Evaluación de comodidad y facilidad del mobiliario en aulas educativas..... 73

**Figura 26:** Valoración del mobiliario escolar ..... 74

**Figura 27:** Influencia del diseño arquitectónico en la experiencia de aprendizaje estudiantil ..... 75

**Figura 28:** Modelo de variación 1 ..... 87

**Figura 29:** Modelo de variación 2 ..... 88

**Figura 30:** Modelo de variación 3 ..... 89

**Figura 31:** Modelo de variación 4 ..... 90

**Figura 32:** Modelo de variación 5 ..... 91

**Figura 33:** Modelo de variación 6 ..... 92

**Figura 34:** Modelo de variación 7 ..... 93

**Figura 35:** Modelo de variación 8 ..... 94

**Figura 36:** Modelo de variación 9 ..... 95

**Figura 37:** Modelo de variación 10 ..... 96

**Figura 38:** Modelo de variación 11 ..... 97

**Figura 39:** Modelo de variación 12 ..... 98

**Figura 40:** Flujo de trabajo para implementación y evaluación de variaciones en RVI ..... 99

**Figura 41:** Experiencia inmersiva realizada por estudiantes ..... 100

**Figura 42:** Vista 360 de Variación 1 ..... 101

**Figura 43:** Vista 360 Variación 2 ..... 101

**Figura 44:** Vista 360 Variación 3 ..... 102

**Figura 45:** Vista 360 Variación 4 ..... 102

**Figura 46:** Vista 360 Variación 5 ..... 103

**Figura 47:** Vista 360 Variación 6 ..... 103

**Figura 48:** Vista 360 Variación 7 ..... 104

**Figura 49:** Vista 360 Variación 8 ..... 104

**Figura 50:** Vista 360 Variación 9 ..... 105

**Figura 51:** Vista 360 Variación 10 ..... 105

**Figura 52:** Vista 360 Variación 11 ..... 106

**Figura 53:** *Vista 360 Variación 12* .....106

**Figura 54:** *Percepción sobre la distribución del mobiliario*.....108

**Figura 55:** *Percepción sobre la disposición del mobiliario para favorecer interacción social*.....109

**Figura 56:** *Percepción sobre las opciones de configuración del mobiliario* .....110

**Figura 57:** *Percepción sobre la materialidad del aula* .....111

**Figura 58:** *Percepción sobre la iluminación artificial*.....112

**Figura 59:** *Percepción sobre la iluminación natural* .....113

**Figura 60:** *Percepción sobre la capacidad de aforo*.....114

**Figura 61:** *Percepción sobre la acústica del aula*.....115

LISTA DE TABLAS

**Tabla 1:** Índice UGR máximo y Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades .....30

**Tabla 2:** Valores de iluminación artificial .....31

**Tabla 3:** Distancias máximas y mínimas para focos de atención .....33

**Tabla 4:** Áreas efectivas mínimas de ventilación para renovaciones de aire y comodidad higrotérmica .....34

**Tabla 5:** Altura mínima de piso, en metros .....35

**Tabla 6:** Niveles máximos de sonido ambiente .....36

**Tabla 7:** Operacionalización de variables .....38

**Tabla 8:** Estudio Lumínico del Salón C203 .....55

**Tabla 9:** Estudio Lumínico del Salón D202 .....56

**Tabla 10:** Estudio Lumínico del Salón F401 .....57

**Tabla 11:** Estudio Lumínico del Salón I106 .....58

**Tabla 12:** Necesidades neuroarquitectónicas en espacios educativos .....77

**Tabla 13:** Matriz morfológica para diseño de espacios educativos con un enfoque neuroarquitectónico .....86

**Tabla 14:** Datos obtenidos de los instrumentos de evaluación .....118

### Resumen

La neuroarquitectura comprende la neurociencia y la arquitectura como disciplinas adyacentes, que conciben el concepto para comprender los comportamientos resultantes de las personas a partir de la experiencia en un espacio arquitectónico. Los espacios educativos forman parte del desarrollo cognitivo de una sociedad y la arquitectura aplicada en su mayoría para escenarios académicos es obsoleta introduciéndose hasta la actualidad en la ciudad de Bogotá. Los estudiantes se enfrentan a espacios con falta de iluminación natural, ventilación, espacios confinados, ergonomía lineal, ruido, texturas, colores y olores que no estimulan el sistema nervioso, memoria y captación de la información.

La investigación propone por medio de la neuroarquitectura estrategias de diseño que potencie el desarrollo cognitivo de los estudiantes, partiendo de base teórica, normativa y estudio arquitectónico en espacios educativos de la Universidad la Gran Colombia, mediante un método cuantificable a través de encuestas y caracterización de las aulas educativas existentes. Las proposiciones están fundamentadas en neuroarquitectura implementadas en escenarios multisensoriales creados con tecnología y realidad virtual inmersiva. finalmente, se mide en estudiantes la experiencia mediante encuestas que serán contrastadas con resultados inicialmente recolectados en trabajo de campo para generar una conclusión y confirmar si es posible que la neuroarquitectura aplicada en escenarios educativos pueda generar un escenario óptimo para los estudiantes.

**Palabras Clave:** neurociencia, arquitectura, cognición, sentidos, arquitectura sensible, espacio educativo, RVI, BIM, multisensorial

**Abstract**

Neuroarchitecture comprises neuroscience and architecture as adjacent disciplines, which conceive the concept to understand the resulting behaviors of people from the experience in an architectural space. Educational spaces are part of the cognitive development of a society, however, the architecture applied for these spaces is mostly obsolete and has been reproduced until today in the city of Bogotá, as confirmed by the author (Malaver, 2013) who interviews the doctor of architecture Frank Locker, who warns that students face spaces with lack of natural lighting, no ventilation, confined spaces, linear and repetitive ergonomics, noise, textures, colors and smells that do not stimulate the nervous system, memory and information acquisition. The research seeks to promote through neuroarchitecture the cognitive development of students, based on the experience and architectural study in educational spaces of the Universidad la Gran Colombia located in the city of Bogotá, using a quantifiable method through surveys and characterization of existing educational classrooms, then, architectural and sensory strategies are planned based on neuroarchitecture that are applicable to the study spaces through 4 multisensory scenarios created with technology and immersive virtual reality. Finally, the immersive experience is measured in students through surveys that will be contrasted with initial empirical results generating a conclusion and confirming if it is possible that neuroarchitecture applied in educational scenarios can promote the cognitive development of students.

**Keywords:** *neuroscience, architecture, cognition, senses, responsive architecture, educational space, RVI, BIM, multisensorial*

## Introducción

El comportamiento de las personas y la cognición son facultades influenciadas por las experiencias que reconocen los sentidos. De acuerdo con Corbusier (1977), la arquitectura se ha construido históricamente abarcando el espíritu, la mente humana y las sensaciones, en edificios tales como lo son templos, catedrales y mausoleos. También el autor comenta que, aunque las emociones y la arquitectura se originan de un vínculo ineluctable, son rasgos y cualidades que se han olvidado hoy.

Es entonces, la arquitectura una ciencia que abarca el espacio construido con el que a diario nos cruzamos, compartiendo experiencias físicas y mentales, esta disciplina abarca una responsabilidad de un entorno construido sensible que aporte a estructuras nerviosas, memoria y percepción de las personas.

Asimismo, La neurociencia según Blanco (2014), es una disciplina que abarca el estudio del cerebro, la mente y psiquis comprendiendo y analizando el comportamiento del sistema nervioso en el ser humano. Se habla de neuroarquitectura cuando ambos componentes, neurociencia y arquitectura, se enlazan para proporcionar al perceptor cambios de comportamientos resultantes de neuronas estimuladas por medio de los sentidos que experimentan espacios arquitectónicos multisensoriales.

La arquitectura experimenta un desarrollo moderno en el proceso histórico de la revolución industrial. Según Foucault, (1975) el filósofo Jeremy Bentham plantea estrategias espaciales panópticas atribuidas a la prisión Middlesex, el propósito del filósofo es vigilar y por medio de la percepción espacial generar sensaciones de control, dominio, y disciplina.

Este desarrollo moderno se aplica a escenarios laborales, académicos y hospitalarios. Impactando hoy día los espacios educativos que conservan este modelo obsoleto, inculcando así en los estudiantes sensaciones de vigilancia, castigo y control. Para Foucault (1975), esta conmovión arquitectónica se convierte en un mecanismo de dominación social que se mantiene en la memoria de

las personas, evoluciona en cada generación y hay quienes lo transforman en un control sutil modernizado.

La discusión sobre el panóptico y su conexión con el espacio se desenvuelve en la teoría de la arquitectura y el entorno construido, también existe, una teoría fundamental sobre la relación humana con el medio ambiente. Hay cuatro teorías principales que revelan la relación, a saber, la teoría integral, la teoría de la estimulación, la teoría del control y la configuración del comportamiento.

Los espacios educativos hacen parte del crecimiento sostenible de una sociedad, la importancia de diseñar y construir edificios académicos que promuevan el desarrollo cognitivo es fundamental para la función espacial y psicológica, activando la estructura cerebral Hipocampo<sup>1</sup>, de acuerdo con Olivares et al (2015), el aprendizaje y la memoria son conductas que el sistema nervioso central analiza a partir de estructuras cerebrales como el Hipocampo, una parte del cerebro que además de estimular la memoria también se encarga de producir nuevas neuronas que coordinan funciones cognitivas.

---

<sup>1</sup> “Es la parte del cerebro que más se vincula con la memoria: adquisición de la nueva información, codificación, consolidación, formación de relaciones espaciales y la transferencia de lo almacenado en la memoria a corto plazo, a la de largo plazo” (Herrera, 2019)

## CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES

### 1.1. PROBLEMA OPORTUNIDAD

La Arquitectura abarca una responsabilidad espacial, psicológica y social en las personas; trasciende de la funcionalidad, ésta disciplina desde su inicio se ha relacionado con el sistema nervioso como lo afirma el autor Ochoa (2021); concuerda con, León (2021) al afirmar que, las grandes catedrales, los templos y las esculturas son el conducto a la espiritualidad y la experiencia emocional entre el ser humano y su entorno construido, ahora bien, en la época contemporánea es indispensable prever estrategias que estimulen la percepción del usuario, sin embargo, la experiencia emocional, sensorial y psicosocial ha entrado en un segundo plano a la hora de diseñar un espacio.

El entorno educativo construido transmite y afecta neuronalmente a los estudiantes, de acuerdo con los autores (Olivares Hernández et al., 2015), la memoria explícita hace parte de los rasgos conductuales y estructuras cerebrales del hipocampo, este tipo de memoria espacial está relacionado con el espacio y entorno en el que se encuentra el individuo. Para Foucault (1975) La estrategia de diseño que se implementó en el siglo XVIII inicialmente se enfocó en cárceles y posteriormente se adaptó a espacios empresariales y educativos; provocando cambios de conducta en las personas, difundiendo la sensación de una vigilancia constante, alterando su sistema nervioso y propiciando la actividad y el control.

Según, Hoyuelos (2005) el diseño panóptico en equipamientos educativos de la época industrial ha prevalecido hasta la actualidad; En algunos casos a una escala global acarreado consecuencias del ambiente arquitectónico. Estas circunstancias de valor espacial están asociadas al desempeño de los estudiantes como lo confirman Barrett et al., (2015) en un estudio publicado por la revista "ELSEVIER" donde parten de un análisis holístico de escuelas ubicadas en ciudades de reino unido que fueron construidas desde el año 1900 hasta la actualidad. Confirma el estudio que en ambientes escolares sin

factores arquitectónicos de Naturalidad, individualización y estimulación se ve afectado el entorno educativo construido y así mismo el aprendizaje y desarrollo cognitivo de los estudiantes en un 50%.

Concuerda con, Gutiérrez (2018) al afirmar que, los espacios educativos acogen la memoria y percepción cognitiva. Las condiciones de iluminación, ruido, olores, ambientación y ergonomía son algunas de las causas que producen falta de interés, concentración, ánimo y múltiples sensaciones desfavorables causadas por una arquitectura ausente de estímulos en los sentidos que se reflejan en el rendimiento académico y la experiencia vivida de esta población.

Simultáneamente en la ciudad de Bogotá no es indiferente el diseño de los espacios educativos ausentes de neuroarquitectura, de acuerdo con Malaver (2013) el arquitecto Frank Locker visitó los colegios de Bogotá en el año 2014, Locker describe por medio del periódico el TIEMPO que estas áreas educativas son un modelo de diseño carcelario, sus pasillos que conducen a salones de 4 paredes y su distribución mobiliaria caracterizada por ser filas de pupitres, un tablero en frente y patios que no cuentan con zonas verdes son algunas de las características que afectan a los estudiantes. Jardines, colegios y universidades, son espacios arquitectónicos necesarios para el desarrollo social, es fundamental para la disciplina de la arquitectura contemplar la estimulación del estudiante y analizar su comportamiento por medio de la experiencia.

El desconocimiento de estrategias multisensoriales por medio del espacio es uno de los factores que limitan el diseño aplicado a la neuroarquitectura en aulas de clase. La inaplicación conlleva a consecuencias conductuales en las personas, para la autora Goldhagen (2017) muchos arquitectos pueden carecer de conocimiento y comprensión sobre el campo multidisciplinario que existe entre la neurociencia y la arquitectura, y como pueden impactar en la experiencia de lo construido. En ese sentido, el diseño de aulas educativas se convierte en un desafío para el arquitecto en una ciudad como Bogotá que sigue un método arquitectónico descontinuado y ajeno a la sensibilidad espacial.

Por lo anterior, se formuló la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el impacto consecuente del desarrollo y aplicación de estrategias neuroarquitectónicas en el diseño de espacios educativos multisensoriales con el propósito de mejorar la experiencia de aprendizaje, el bienestar emocional y la interacción de los estudiantes?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Las estrategias de diseño en espacios educativos son un aspecto clave para el desarrollo y el bienestar de los estudiantes. La neuroarquitectura es una disciplina que combina la arquitectura con el conocimiento de cómo el entorno físico afecta el cerebro humano y su comportamiento. Su aplicación en espacios educativos puede tener un impacto significativo en el aprendizaje, la concentración, la creatividad y la salud mental de los estudiantes.

La neuroarquitectura establece aspectos claves a la hora de configurar espacios educativos para lograr que la mente se encuentre relajada. Estrategias de iluminación, zonas verdes, colores, olores o techos pueden estimular a los estudiantes y favorecer su conocimiento a través de los estímulos percibidos por medio de neurotransmisores que experimentan el entorno construido.

De acuerdo con las conclusiones de la empresa Steelcase Education que analiza la influencia que tiene el diseño de las aulas educativas en el aprendizaje activo, compara la experiencia del alumno en un aula estándar y un aula diseñada, por medio de encuestas (AL-POE), que miden el impacto que tiene el aula en el desarrollo cognitivo de los estudiantes. El estudio arroja como resultado un impacto significativo en los estudiantes que se encontraban en un aula diseñada; puesto que incrementó su aprendizaje activo un (85%) en comparación a los estudiantes que asisten a un aula estándar, este fue del (58%).

A pesar de los beneficios evidentes, en la ciudad de Bogotá, las aulas de clase en la mayoría de los centros educativos aún no aplican los principios de la neuroarquitectura. Es necesario proponer

estrategias de diseño que integren la neurociencia y la arquitectura en estos espacios para mejorar la calidad de aprendizaje y bienestar de los estudiantes. Por lo tanto, es fundamental proponer estrategias de diseño que integren estos principios para mejorar la experiencia educativa y promover un entorno propicio para el desarrollo integral de los estudiantes.

### **1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

La inaplicación de neuroarquitectura influye significativamente en el rendimiento académico y el desarrollo cognitivo para los estudiantes de la facultad de arquitectura en la universidad la Gran Colombia.

Las estrategias de neuroarquitectura planteadas en esta investigación facilitan a los arquitectos el diseño de espacios educativos.

Las herramientas de realidad virtual inmersiva en el diseño de aulas educativas aplicando estrategias de neuroarquitectura; generan sensaciones de tranquilidad, creatividad y promueven el aprendizaje.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Desarrollar estrategias de neuroarquitectura y aplicar un modelo de escenario educativo en realidad virtual inmersiva para crear un entorno educativo multisensorial.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Caracterizar espacios educativos aplicando análisis documental y encuestas a estudiantes de salones caso estudio.

- Desarrollar un conjunto de directrices y estrategias de diseño neuroarquitectónico aplicables a espacios educativos.
- Determinar 12 posibles soluciones con uso de matriz morfológica y softwares SketchUp y Enscape.
- Evaluar el producto final a través de la percepción del muestreo opinático sobre el modelo presentado en realidad virtual inmersiva.

## CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

### 2.1. ESTADO DEL ARTE

#### ***2.1.1. La Evolución del concepto Neuroarquitectura***

Desde el nacimiento de la arquitectura la importancia de la experiencia siempre ha sido relevante y pilar en el diseño de espacios en conjunto e igualdad de importancia a los requisitos funcionales de la construcción. Hace más de 2000 años, el arquitecto romano Vitruvio afirmaba que toda estructura debía poseer las tres cualidades de *firmitas, utilitas y venustas*; es decir, fuerza, utilidad y belleza. Vitruvio (1649)

Más adelante, la historia de la arquitectura en la época bizantina hasta la arquitectura gótica, renacentista y barroca se centró en brindar una conexión espiritual entre personas y entorno. Para el autor Alvarado (2021) el usuario experimenta una conexión entre lo vivido y aprendido en el entorno construido, menciona al arquitecto Tadao Ando y sus conceptos iguales que, dualidades en proyectos como la Capilla del Viento o Capilla en el Monte Rokko, la capilla sobre el agua y la iglesia de la luz donde las personas perciben una dimensión fenomenológica que estimula la experiencia por medio de los sentidos.

El interés compartido de investigadores y académicos en determinar cómo funciona el cerebro ha logrado que el campo de la neurociencia evolucione considerablemente, siendo actualmente una ciencia aplicada no solo en ramas de la salud, sino también en ingeniería, humanidades y demás. Prueba de esta diversificación es la investigación publicada por la neurocientífica Nancy Kanwisher y sus asociados, Epstein et al., (1999) establecieron que, las bases para vincular el cerebro a las experiencias con la arquitectura tiene lugar en la neurogénesis que se desarrolla mediante un enlace llamado parahipocampo.

### **2.1.2. Aplicando la neurociencia en la arquitectura**

Posteriormente, el pionero y cofundador de la Academy of Neuroscience for Architecture (ANFA), John Paul Eberhard introdujo una nueva área de estudio en la arquitectura, con publicaciones como *Architecture and the Brain: A New Knowledge Base from Neuroscience* (2007) y *Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture* (2009) demostró la necesidad y el beneficio de aplicar la neurociencia en la arquitectura. Afirmó que, de profundizar en esta nueva área, se comprendería cómo el diseño de las aulas puede apoyar las actividades cognitivas de los estudiantes (Gazzaniga, 2008).

Investigadores de la última década han incursionado en la neuroarquitectura con el objetivo de establecer una relación entre entorno y desempeño académico. Un primer ejemplo es la investigación desarrollada por Rodríguez et al. (2016), en la cual, por medio de entrevistas a docentes, identificaron importantes aspectos del diseño de espacios educativos. Los autores destacaron que los docentes entrevistados consideraron fundamental el papel que tiene el espacio en el logro de las metas y objetivos académicos.

Tres años más tarde, Cámpora & Puppo, (2019) señalaron que, las neurociencias surgen para dar respuestas a la pregunta por los procesos del cerebro y el sistema nervioso, y cómo a través de ellos percibimos, sentimos, pensamos y recordamos información nueva y antigua; pero también para explicar cómo se logra un equilibrio entre espacios psicológicos y físicos.

Una definición actual es la emitida por Wang et al. (2022), quienes señalan que, la neuroarquitectura puede percibirse como un campo emergente que combina la neurociencia, psicología ambiental y arquitectura para centrarse en la dinámica del cerebro humano proveniente de la acción e interacción con el entorno.

Eberhard (2009) en la publicación “Aplicando la Neurociencia a la Arquitectura” para la revista Neuron, menciona que “La sensibilidad de nuestros núcleos supraquiasmáticos (SCN) a la luz, que impulsa los ritmos circadianos, influye en nuestro estado de alerta. El juego de luces y sombras puede provocar que el SCN juegue con el estado de alerta.”

### **2.1.3. De la noción a la realidad**

Acosta (2011) devela aspectos analíticos del pritzker 2009, Peter Zumthor con la obra Termas de piedra – Vals, una muestra de cómo la arquitectura se relaciona con los sentidos y transmite a partir de sensaciones. La materialidad, entorno, olores, visuales y espacios hacen parte de la sinestesia que se produce en el ser humano que habita el edificio, la autora menciona, el “sounding stone, donde la composición del espacio es simétrica; está dividido en dos partes y propone una acústica particular; es el sonido que se emplaza buscando vacíos, ecos, resonancias y una acústica adecuada para que el sonido esté a gusto”.

(Banco Interamericano de Desarrollo, 2015) Publica el Colegio Anglo Colombiano – Primaria, construido en el año 2015 por el arquitecto Daniel Bonilla, plantea un espacio educativo que sea sencillo pero eficiente con aulas que se centren en cumplir las necesidades tanto de los profesores como de los estudiantes; las aulas educativas cuentan con tratamiento acústico, conexión a las zonas verdes por medio de balcones o terrazas, áreas de trabajo adaptables y mobiliario movable que promueva la interdisciplinaria y curiosidad del estudiante.

En un contexto de arquitectura educacional, para el Banco interamericano de desarrollo el colegio “EUREKA CENTRE” Anglo Colombiano diseñado por los arquitectos Daniel Bonilla y Marcela Albornoz en el año 2017, se centra en el cuidado de áreas verdes, la iluminación natural y su conexión con el entorno. Desarrollando un diseño orgánico y biofílico que impulse la discusión en torno a la ciencia, investigación y conocimiento; Para la entidad, “El Eureka Centre dinamiza y promueve el trabajo

en conjunto, aspecto confirmado por los estudiantes, quienes han recibido muy positivamente a la edificación en el colegio.” (*Banco Interamericano de Desarrollo, 2017*)

El centro de formación Gestalt 2201L diseñado por Terrario arquitectura y construido en el año 2022 es un referente que trasciende en el espacio vinculando la arquitectura y psicología aplicando los principios de Gestalt mediante salas diáfanos que permiten la continuidad de la luz, la base conceptual es el equilibrio y la simetría por medio de contrastes como figura-fondo, continuidad-cierre y teoría del color siendo esta última “relevante para la percepción ya que nuestra memoria asigna sensaciones, acciones o sentimientos a cada color en particular.” (Benjamin Zapico, 2022)

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.4. *Emplazamientos Funcionales*

A finales del siglo XVIII, Bentham presentó un particular diseño de una prisión bajo el modelo de “panóptico” como una forma de control sin violencia (Foucault, 1975). La relación entre el ambiente e individuo genera un estado de consciencia supervisada continúa haciendo que este sea más obediente y productivo. Este sistema es un modelo de funcionamiento de la aplicación en la disciplina que se puede aplicar en diversos campos.

De Yong et al. (2014) concluyen que el utilizar la arquitectura determinista en conjunto con el principio de panoptismo permitiría crear un mejor entorno de construcción para disciplinar el comportamiento humano. No obstante, se observa una deficiencia al aplicar este modelo educativo, ya que asocia el conocimiento con el poder y la escuela es percibida como un sitio de reclusión destinado a corregir a los estudiantes.

A lo largo de la historia, prevaleció un enfoque educativo tradicional que priorizaba una jerarquía autoritaria, colocando al profesor en una figura central y a los estudiantes en un papel de

receptores pasivos de conocimiento. Esta concepción se manifestaba en la disposición física de las aulas, donde el profesor ocupaba un lugar central y los alumnos se organizaban en filas, facilitando así la transmisión unidireccional de información. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, tanto los estudiantes como los propios docentes han expresado que este enfoque ha quedado desactualizado, considerándolo predecible, poco alentador y en necesidad urgente de adaptación a los tiempos actuales.

Según Robinson et al. (2009) el sistema educativo tradicional fue diseñado, concebido y estructurado para una época diferente. Este sistema aún se fundamenta en las estructuras ideológicas que se remontan a la época de la Revolución Industrial, durante la cual el modelo pedagógico tradicional sobresalió por su practicidad y la viabilidad de estandarizar el conocimiento, permitiendo que un solo docente se encargara de la educación de un gran número de estudiantes.

En los últimos años se ha llevado a cabo un replanteamiento por adoptar enfoques educativos contemporáneos, apoyándose en investigaciones sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes y cómo se comportan en entornos educativos dinámicos y adaptables. Este contexto ha motivado una revisión de la disposición de estos espacios, con el objetivo de fomentar la participación, la colaboración, la creatividad y la autonomía del estudiante. Esta revisión se traduce en configuraciones más flexibles y menos estructuradas, donde se busca una interacción significativa entre docentes y alumnos.

La teoría ecológica del desarrollo humano de Bronfenbrenner (1979) proporciona un marco conceptual para examinar las distintas capas del entorno que ejercen influencia formativa en la persona. Este marco es aplicable a una diversidad de entornos en los que los niños suelen crecer, desde entornos médicos como salas de pediatría hasta contextos educativos como guarderías y escuelas, además de abordar diversas configuraciones familiares. Esta teoría ha sido empleada como base en la planificación

y diseño de espacios educativos, centrándose en la relación entre el individuo y su entorno, subrayando la importancia del espacio en el proceso educativo.

Según Kopec (2010), en la teoría sobre la relación humana con el entorno hay cuatro teorías principales, de las cuales la teoría de la configuración del comportamiento resulta relevante para la presente investigación por derivarse de esta la arquitectura determinista. De acuerdo con Marmot, (2002), la arquitectura determinista sostiene que el comportamiento humano está determinado por el entorno arquitectónico. Es un concepto para el entorno construido que puede afectar directamente y disciplinar el comportamiento de la persona. Además de esta teoría, existen otras teorías sobre la relación entre el entorno construido y la conducta humana, la teoría del entorno construido posible y la teoría del entorno construido.

### ***2.2.5. Polifonía De Los Sentidos En La Arquitectura***

Para Kayan (2011), la neuroarquitectura se puede definir como un entorno diseñado con principios neurocientíficos. A su vez, Karakas & Dilek (2019), señalan que la neuroarquitectura combina la neurociencia, psicología ambiental y la arquitectura para centrarse en la dinámica del cerebro humano que resulta de la acción y la interacción con el entorno construido. Algunos estudiosos la describen también como un campo en el que la arquitectura y neurociencia exploran en conjunto la relación entre individuos y entorno, Ahmed Ezzat et al. (2021). El objetivo principal de este campo, según (Azzazy et al., 2020), es estudiar el impacto del entorno arquitectónico en el sistema neuronal.

El diseño de espacios educativos formulados con consideraciones neuroarquitectónicas dan como resultado beneficios para estudiantes y maestros, siendo relevante la influencia positiva en la atención y desarrollo cognitivo de estos primeros. Tal y como señala el pionero de la neuroarquitectura, John Eberhard (2009), el diseño de salones de clase con aplicación de la neurociencia puede apoyar las actividades cognitivas de los estudiantes.

**Vista** la percepción espacial proviene de múltiples condiciones que contiene el entorno construido, el sentido de la vista se desempeña a distancia y se centra en características como las condiciones de iluminación, brillo, contraste, textura o color influyen sobre los objetos, de esta manera interioriza las formas geométricas y llevadas al razonamiento el cerebro crea ejes limitantes, jerárquicos o accesibles; es así, como el sentido de la vista relación el ser humano y lo construido. Borrazás (2003).

**Oído** El sentido que organiza y relaciona las vivencias, analiza y comprende el espacio habitado, oír proporciona la experiencia directa con el entorno, al igual que la vista, el oído también trabaja a distancia, se encarga de evaluar el estímulo directamente y a su vez a medida que este se va alejando, el oído a través del sonido nos lleva a interiorizar el espacio, promueve la imaginación y reconoce lo que se está experimentando. El ser humano puede reconocer algo habitado o inhabitado por medio del oído, cada espacio tiene sonidos característicos de sus texturas o dimensiones, a esto se le llama intimidad acústica. Pallasmaa (2005).

**Gusto** El sentido del gusto se transmite al tacto como una experiencia donde actúan características del color y texturas que estimula el sentido oral, nuestro conocimiento del mundo exterior físico arquitectónico proviene de nuestra boca, reconocemos y recordamos mediante el sentido del gusto el origen de lo experimentado. Pallasmaa (2005).

**Olfato** el sistema nervioso requiere de una mínima cantidad de moléculas para evocar un impulso y estímulo olfativo que permite detectar más de 10.000 olores diferentes. La memoria está directamente relacionada con el sentido del olfato, basta con sentir un aroma para recordar episodios impactantes vividos, cada hogar y persona tiene su propio olor, la nariz aviva fotografías olvidadas, ocasiona que los ojos recuerden y es ahí que la memoria y la imaginación están directamente relacionadas, un vínculo que permite reconocer el olor de una vivienda vacía o el de un nuevo mueble. Pallasmaa (2005).

**Tacto** el tacto lee la textura, la densidad, la temperatura. La suavidad del material seduce a la caricia de la piel, el brillo de una pared, un pomo o una baranda genera estímulos que repercuten en neurotransmisores por medio del tacto, también, se puede reconocer el tiempo e identidad del edificio por medio del tacto, el hormigón como material genera la sensación de frío y la madera una temperatura cálida. “Nuestra piel localiza la temperatura de los espacios con una precisión certera; la sombra fresca y tonificante debajo de un árbol, o la esfera con una calidez que acaricia un lugar soleado se convierten en experiencias de espacio y lugar” Pallasmaa (2005).

### ***2.2.6. Influencia De La Neuroarquitectura En Espacios Educativos***

Samaržija (2018) menciona que, en 2005, la Academia de Neurociencia para la Arquitectura (ANFA) llevó a cabo la primera evaluación de la forma en cómo los espacios influyen en el enfoque, atención y cognición de los estudiantes.

Los científicos ensayaron las reacciones de los estudiantes ante la luz natural, se observó una mayor actividad en las áreas cerebrales relacionadas con el enfoque, atención y cognición. Las exploraciones de fMRI (Imágenes de resonancia magnética) mostraron que la iluminación natural aumenta los factores de crecimiento cerebral que conducen a la formación de nuevas células neuronales y retrasan el deterioro cognitivo. Además, se encontró que la exposición prolongada a la luz artificial genera un aumento en las hormonas del sueño.

Edelstein (2008) afirma que la exposición a la luz natural generará una mayor atención y concentración de los estudiantes, por ende, tendrán mayores probabilidades de mejorar su rendimiento académico.

Un ejemplo de la aplicación de estos descubrimientos es el campus de la escuela secundaria Corona del Mar en California, California, EE. UU., diseñado en colaboración con la ANFA. Este espacio pone énfasis en la luz natural, vegetación y distribución de espacios bien formulada.

**Iluminación** En un panorama global, se puede afirmar que la iluminación se relaciona directamente con la visibilidad de un entorno, la sensación térmica y el confort; sin embargo, si se analiza con mayor profundidad, se encontrará una relación íntima entre confort lumínico y respuesta psicológica y neurofisiológica del individuo.

Castilla Cabanes (2015) realiza un estudio para analizar el efecto de la iluminancia de un aula en la memoria de estudiantes universitarios. Se aplicó dicho estudio en cuarenta sujetos expuestos a un entorno virtual inmersivo con diferentes niveles de iluminación. Los resultados mostraron que la iluminación del aula influye en la memoria de los estudiantes, a medida que aumentaron la iluminancia, se deterioró su desempeño.

**Acústica** El estudio de Zannin Trombetta y Zwirtes Zanardo (2009) resalta que el ruido representa un significativo distractor para estudiantes en diversos niveles educativos. Al investigar salones de clase en diferentes escuelas, se determinó que no cumplían con los niveles de sonido recomendados, debido a problemas en el diseño arquitectónico y la elección de materiales. Estos fallos posibilitaron la transmisión de ruido tanto externo como interno entre aulas y pasillos. Los investigadores aconsejaron considerar la contaminación acústica al diseñar espacios arquitectónicos, ya que los errores identificados podrían perjudicar la capacidad de aprendizaje de los estudiantes.

**Color** Stone (2003) en su estudio para el diseño efectivo de espacios educativos manipuló el color y la materia de estudio para determinar el efecto del color en el estado de ánimo, satisfacción, motivación y desempeño de estudiantes adultos al estudiar distintas materias. Encontró que el color rojo fue más estimulante que el color azul, este último tuvo un efecto calmante. Al mismo tiempo, resultó interesante que la atención y el desempeño resultó bajo en el salón de color rojo.

**Temperatura** Lewinski (2015) menciona que las investigaciones muestran que las temperaturas entre 20 y 24 °C brindan comodidad, por ende, generan un entorno apto para el aprendizaje.

John Dewey justifica que el ambiente en el que se lleva a cabo la educación es primordial para un buen desarrollo del aprendizaje, puesto por medio del ambiente se pueden generar experiencias que permiten un aprendizaje efectivo. (Guillermo, 2022)

Finalmente, David Thornburg ha argumentado que el diseño de la arquitectura puede influir en la forma en que los estudiantes interactúan entre sí y con los materiales de aprendizaje de modo que esto permitirá la exploración y experimentación, así como un mejor desarrollo cognitivo. (Johnson, 2011)

### **2.2.7. Objetivos de Desarrollo Sostenible**

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una iniciativa de la ONU que representan un llamado global para afrontar los desafíos más apremiantes de nuestra época con proyección al año 2030. En el ámbito educativo, identificamos tres objetivos clave que enfatizan la importancia de buscar soluciones que contribuyan de manera significativa a la mejora de la calidad de la educación y la promoción de la innovación en la infraestructura escolar. Estos objetivos están estrechamente alineados con el propósito de esta investigación y son los siguientes:

**Salud y Bienestar.** Las estrategias de diseño propuestas buscan promover el bienestar psicológico y la salud cognitiva de la comunidad educativa. A través del diseño neuroarquitectónico, se busca estimular los sentidos para facilitar el proceso de aprendizaje y la retención de información.

**Educación de Calidad.** Los espacios educativos desarrollados en este proyecto tienen como objetivo brindar experiencias multisensoriales que resulten en entornos de alta calidad para el aprendizaje cognitivo. Estos espacios deben estar diseñados de manera que fomenten el aprendizaje cognitivo y estimulen la creatividad, mejorando en última instancia la calidad de la educación brindada.

**Industria, Innovación e Infraestructura.** La implementación de aulas multisensoriales virtuales mediante tecnologías BIM y realidad virtual inmersiva representa una innovación que fomenta el uso de

tecnologías avanzadas, las cuales tienen un impacto positivo en la calidad del aprendizaje al proporcionar experiencias multisensoriales enriquecedoras y efectivas.

**2.3. MARCO NORMATIVO**

**2.3.1. Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP)**

Elaborado por el Ministerio de Minas y Energía (2010) *El Reglamento Técnico de iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) Resolución 180540*. Establece los requisitos y medidas de los sistemas de energía que se deben tener en cuenta para el uso de la iluminación interior como exterior del territorio colombiano. Dónde señala que “El diseño de la iluminación debe estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada” (p.98) De modo que, se deben tener en cuenta distintos factores como el color, la forma, el tamaño y la reflectancia del espacio, puesto que esto permite que el área de trabajo sea óptima para las diversas actividades que este requiera. Por tanto, para el diseño de espacios educativos la norma dispone de niveles de iluminación o luminancias determinadas que, en este caso no pueden ser mayores a 1.000 Luxes o menores a 500 Luxes.

**Tabla 1:** Índice UGR máximo y Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD COLEGIOS Y CENTRO EDUCATIVOS	UGR <sub>l</sub>	NIVELES DE ILUMINACIÓN (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
<b>Salones de clase</b>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
Salas de conferencias				
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: Tomado del “Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público “por Ministerio de Minas y Energía,2010.

([https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T\\_NORMA\\_ARCHIVO&p\\_NORMFIL\\_ID=430&f\\_NORMFIL\\_FILE=X&inputfileext=NORMFIL\\_FILENAME](https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=430&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME))

**2.3.2. Norma Técnica Colombiana (NTC)**

Por otro lado, El Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2020) en la *Norma Técnico Colombiana NTC 4595*. Norma de planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares, permite llevar a cabo una mejora en la calidad de las condiciones que deben tener las instituciones; puesto que, es la encargada de establecer requisitos para un mejor diseño físico- espacial de las instalaciones educativas tanto locales, regionales y nacionales del país. Esta norma determina que los espacios educativos que cuenten con áreas o talleres artísticos deben corresponder a una iluminación artificial no mayor a 400 Lx.

**Tabla 2:** Valores de iluminación artificial

AMBIENTES	ILUMINACIÓN, EN LUXES	LUMINARIA RECOMENDADA
C en talleres de artes	400	Fluorescente
D	400	Mercurio
A, B y C, Oficinas	300	Fluorescente
A en Preescolar	300	Fluorescente e incandescente
F baños y bodegas	200	Incandescente
E, rampas y escaleras	100	Incandescente
Exteriores y parqueos	100	Mercurio o sodio
Circulaciones	30	Incandescente

*Nota:* Tomado del “Norma Técnico Colombiana “(NTC) 4595 por El Ministerio de Educación Nacional de Colombia ,2020. ([https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996\\_recurso\\_10.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_recurso_10.pdf))

Asimismo, es muy importante tener en cuenta la comodidad visual de los usuarios, en la *Norma Técnico Colombiana NTC 4595*, se establecen requerimientos ambientales como el uso de iluminación natural, ya que es necesario cumplir con las condiciones de iluminación necesarias durante la mayor parte del día sin necesidad de utilizar fuentes de iluminación artificial. Para esto, la norma señala que los espacios educativos deben contar con aperturas de luz totalmente efectivas ( claraboyas, ventanas, lucetas, entre otros), estas aperturas estarán ubicadas dentro del espacio de trabajo, esto en caso de no sobrepasar la altura de un metro desde el plano de trabajo, también podrán ubicarse sobre la cubierta

del sitio de trabajo; del mismo modo, se permitirá el uso de materiales translucidos o polarizados que en caso de ser utilizados, se deberá aumentar el 20% del área en las aperturas, puesto que es necesario que permitan el acceso de luz equivalente a un 1/3 del área del piso del espacio en lugares con clima templado o frío.

Por otro lado, las superficies internas de un espacio deben tener niveles de reflexión lumínica que cumplan con los siguientes rangos: pisos: entre 15 % y 30 %, paredes diferentes a las que tienen ventanas: entre 50 % y 70 %; paredes con ventanas o frente a ellas: 74 % o más; techo: 80 % o más. Se recomiendan fondos de colores sólidos sin brillo. Los marcos de ventanas deben tener recubrimientos que reflejen más del 80 %. La ubicación y el diseño de tragaluces deben asegurar que la luz llegue indirectamente a los usuarios en sus espacios de trabajo habituales. Según la *Norma Técnico Colombiana NTC 4595 "Algunos coeficientes de reflexión de la luz. Pinturas: blanca (81 %); marfil (79 %); crema (74 %); verde claro (63%); azul claro (58 %); gris oscuro (26 %); verde; madera de roble (13 % - 32 %); caoba (8 %); cemento gris natural (25 %); ladrillo de arcilla roja (13 %)."*

Adicionalmente también se tienen en cuenta elementos como el foco de atención, la distancia y el ángulo de visión; que favorecen la visibilidad apropiada en los espacios educativos, donde la medida mínima para los focos de atención en las aulas es de 2mts y la medida máxima de 15 mts de distancia, esto de acuerdo con la herramienta que se disponga como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 3: Distancias máximas y mínimas para focos de atención

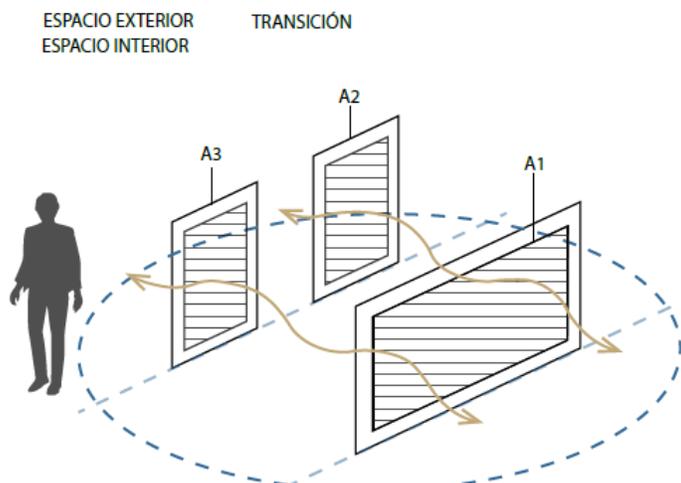
FOCO DE ATENCIÓN	DISTANCIA		ANGULO DE VISIÓN
	Mínima	Máxima	
Pantalla de proyección	2 x ancho pantalla	6 x ancho pantalla	(1)
Tableros	2m	9m	
Monitores de TV	3.75 x ancho pantalla	15 x ancho pantalla	(2)

- (1) El Angulo en planta, medido entre el plano donde se encuentra el tablero y la línea de visión de un observador a este, no puede ser inferior a 30°.
- (2) La base del televisor debe estar ubicado a 30 cm por encima del plano de visión (1,14 m normalmente). Cuando el monitor de televisión se encuentra suspendido e inclinado, el ángulo comprendido entre el plano de visión y una línea perpendicular al plano de la pantalla del TV, que una el centro de la pantalla con el ojo del observador, en ningún caso debe ser superior a 30°. En ningún observador puede estar ubicado por fuera del cono generado por líneas trazadas desde los vértices de la pantalla hacia fuera, con un Angulo de 135°, medido en relación con el plano de esta.

Nota: Tomado del “Norma Técnico Colombiana “(NTC) 4595 por El Ministerio de Educación Nacional de Colombia ,2020. ([https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-355996\\_recurso\\_10.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-355996_recurso_10.pdf))

La comodidad térmica es otro de los factores esenciales en el diseño de un espacio educativo por lo tanto El Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2020) en la Norma Técnico Colombiana NTC 4595, establece términos de temperatura que favorecen el acondicionamiento térmico de un espacio, teniendo en cuenta, factores como la ventilación, la radiación solar y el uso de materiales. Cada factor puede variar dependiendo la zona climática, en este la zona climática es fría de modo que, la norma establece que para tener un ambiente interior ideal se debe cumplir una temperatura térmica entre los 18° a 24°. Adicionalmente es indispensable el paso de la ventilación natural a los espacios educativos en zonas de clima frio, se recomienda una renovación de aire constante, sin embargo, este no puede ocasionar un enfriamiento excesivo del espacio. Se hace referencia al uso de ventanas, puertas, celosías, etc.; que estén distribuidas de manera homogénea y permitan el ingreso como la reducción del aire.

Figura 1: Relación de aberturas para ventilación



Nota: La figura representa diagrama que representa normativa. Elaboración propia.

Asimismo, la norma menciona que se debe cumplir con un mínimo de área efectiva según las diferentes zonas climáticas, en este caso para espacios educativos en clima frío será de 1/12 a 1/10 del área de la planta. Adicionalmente estos espacios deberán contar con una altura mínima de 2,7 mts como se indica en las siguientes tablas.

Tabla 4: Áreas efectivas mínimas de ventilación para renovaciones de aire y comodidad higrotérmica

AMBIENTE	FRIA/TEMPLADA	CALIDA SECA	CALIDA HÚMEDA
Oficinas, Ambientes A, B en bibliotecas, Ambientes D, cubiertos y Ambientes F, salas de estar, dormitorios para estudiantes, dormitorios para acompañantes	De 1/15 a 1/12 del área de la planta	1/9	1/6
Ambientes B en salones TIC, Ambientes C, Ambientes E, cocinas y baños	De 1/12 a 1/10 del área de la planta.	1/8	1/5

Nota: Tomado del "Norma Técnico Colombiana "(NTC) 4595 por El Ministerio de Educación Nacional de Colombia ,2020. ([https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996\\_recurso\\_10.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_recurso_10.pdf))

Tabla 5: Altura mínima de piso, en metros

AMBIENTE	FRIA/TEMPLADA	CALIDA SECA	CALIDA HÚMEDA
Ambientes E.	2,2	2,2	2,2
Oficinas, cubículos para música, baños, cuartos de servicio y bodegas, dormitorios.	2,2	2,5	2,5
Ambientes A, B, C y cocinas	2,7	3,0	3,0
Ambientes F	3,0	3,5	3,5
Ambientes D	No inferior a los F y según disciplina		
NOTA: En los ambientes A, dedicados a la educación preescolar, las alturas pueden ser de 2,2 m, en zona climática fría o templada y 2,5m en zona climática cálida seca y cálida húmeda			

Nota: Tomado del “Norma Técnico Colombiana “(NTC) 4595 por El Ministerio de Educación Nacional de Colombia ,2020. ([https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996\\_recurso\\_10.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_recurso_10.pdf))

Los espacios educativos deben estar ubicados de modo que sea posible controlar la radiación solar que ingresa, por lo tanto, la *Norma Técnico Colombiana NTC 4595* determina que para estos espacios la mayor parte de superficies exteriores y aberturas deben estar dispuesto al eje norte- sur. No obstante, se debe evitar el ingreso directo de radiación en los puestos de trabajo; haciendo uso de alerones, aletas o elementos constructivos. Sin embargo, En zona climática fría se puede dar el acceso de radiación solar con ángulos de entrada no mayores a 45°.

Asimismo, es importante hacer uso de materiales de construcción que permitan un confort interno en los espacios. La *Norma Técnico Colombiana NTC 4595* menciona algunos de los materiales que permiten la ganancia de calor solar como, por ejemplo, “*Bloque hueco de concreto con espesor de 0,25 m y pañetado por ambas caras 4,7%, bloque hueco de concreto con espesor de 0,25m y pañetado por ambas caras y con pintura blanca exterior: 2.1%; ladrillo tolete de 0,25m de espesor: 9,5%; ladrillo tolete de 0,25m de espesor con pintura blanca exterior: 34%*”. En zona climática fría las superficies externas deben garantizar una transmitancia térmica menor a 3W/M2 por grados Celsius.

Adicionalmente en zona climática fría se puede hacer uso de materiales arcillosos, macizos, etc. con el fin de obtener un almacenamiento de calor sobre todo en horas del día donde que se reduce la temperatura. Del mismo modo el uso de materiales para cubiertas como fibrocemento, arcillas, metal, entre otros. que sean usadas como placas de transmisión al interior de un espacio deberá tener un cielo raso que genere una cámara interior de aire menor a ,20 m de los aislantes térmicos.

La comodidad auditiva hace referencia a las condiciones acústicas de un espacio, (El Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2020) en la *Norma Técnico Colombiana NTC 4595*. Establece y hace énfasis en el sonoro adecuado de un espacio educativo. El aislamiento acústico mantiene los espacios dentro de los niveles óptimos de intensidad de sonido y el acondicionamiento acústico interior, asegura mejorar la calidad del sonido en espacios cerrados. Los niveles máximos de sonido permitidos en un espacio educativo son de 40 dB (A) Como lo indica la siguiente tabla.

**Tabla 6:** Niveles máximos de sonido ambiente

AMBIENTES	RANGO DE INTENSION DE SONIDO AMBIENTE, EN Db (A)
Ambientes pedagógicos básicos con un volumen encerrado menos o igual 566m3	35
Ambientes pedagógicos básicos con un volumen encerrado mayor a 566 m3 y todos los ambientes pedagógicos complementarios	40
Ambientes E empleados para circular	45
NOTA: Tomado de la norma ANSI/ASA §12.60-2010/Part 1. Valores para amoblados sin presencia de personas y con puertas y ventanas 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: Tomado del “Norma Técnico Colombiana “(NTC) 4595 por El Ministerio de Educación Nacional de Colombia ,2020. ([https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996\\_recurso\\_10.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_recurso_10.pdf))

Sin embargo, de ser superados los valores de ruido de la tabla anterior; estos podrán ser atenuados con aislantes acústicos como materiales, distanciamiento de las fuentes ruido o aislantes de fachadas y superficies tanto internas como externas; la *Norma Técnico Colombiana NTC 4595* nombra algunos de los materiales que reducen el mayor ruido exterior: *Muro de concreto de 0,10m de espesor: 43Db (A), muros en ladrillo aligerado de arcilla 0,12m sin pañete 43 dB (A), muros en ladrillo macizo de arcilla 0,12 m 49dB (A), muros en ladrillo portante de arcilla 0,15 m sin pañete 41 dB (A), puerta en madera con espesor de 0,042 m , 20,5 dB (a). Vidrio de 6mm de espesor. 30 dB (A), lamina de acrílico de 3mm,25 dB (A).*

## 2.4. MARCO METODOLÓGICO

### 2.4.1. POBLACIÓN

Los estudiantes de la universidad La Gran Colombia en la ciudad de Bogotá, son quienes habitan e interactúan a diario con los espacios educativos que la universidad ofrece. Como estudiantes, tienen la oportunidad de hacer valiosas contribuciones basadas en sus experiencias. Su percepción es esencial para analizar y comprender cómo la interacción con el entorno educativo influye en ellos, además de ser fundamental para identificar problemas latentes en los espacios académicos que aún no han incorporado conceptos de neuroarquitectura.

### 2.4.2. MUESTRA

**MUESTREO ESTRATIFICADO:** Para el diagnóstico del problema se toma la facultad de arquitectura, específicamente estudiantes que ocupen en jornadas diurna y nocturna los salones C203, D202, F401 e I106, esta selección no se limita a edades, género, sexo, culto y otras variables

**MUESTREO INTENCIONAL U OPINÁTICO:** Referente a la muestra que evalúa el producto de la investigación, se toma la ocupación de la jornada nocturna en el salón I106, un total de 23 estudiantes con edades entre 21 años a 30 años, pertenecientes a la facultad de arquitectura en su totalidad.

**2.4.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Se emplea un diseño de investigación-acción práctico, estructurado en cuatro fases siguiendo la orientación de Sampieri (2003) respecto al enfoque cualitativo. Estas etapas son:

- Identificar el problema de investigación, definirlo claramente y realizar un diagnóstico.
- Elaboración de un plan o programa para abordar el problema o implementar cambios.
- Poner en práctica el plan y evaluar los resultados.
- Obtener retroalimentación, la que conduce a un nuevo análisis diagnóstico y un ciclo adicional de reflexión y acción.

**2.4.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Tabla 7: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	SUBDIMENSIÓN	TIPO	INDICADOR	U.M	TÉCNICA	INSTRUMENTO	
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Desarrollo y aplicación RVI de estrategias neuroarquitectónicas enfocadas a espacios educativos	Se desarrollarán estrategias neuroarquitectónicas enfocadas a espacios educativos a partir del diagnóstico realizado por medio de encuestas a estudiantes y del marco normativo y teórico extraído. Posteriormente, se iterarán posibles soluciones y se seleccionará la solución final de diseño para aplicarse mediante la experiencia de realidad virtual inmersiva multisensorial.	Diagnóstico de espacio educativo físico	Distribución del espacio	Cualitativa	Concordancia espacial	Adimensional	Observación	Guía de observación	
			Acústica						Cumplimiento normativo
			Color						
			Textura		Nivel de satisfacción				
			Biofilia						
			Temperatura						
			Olor						
		Mobiliario	Cualitativa - Cuantitativa	Nivel de satisfacción Nivel de iluminación	Escala lux	Encuesta Medición directa	Cuestionario Luxómetro		
Iluminación									
		Diseño virtual de espacio educativo		Cualitativa	Matriz de iteraciones	Puntaje	Selección ponderada	Ficha de evaluación	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Entorno educativo	Evaluación de experiencia y retroalimentación de estudiantes de las variables neuroarquitectónicas del entorno educativo de aprendizaje experimentado.	Características neuroarquitectónicas del espacio educativo virtual	Distribución del espacio	Cualitativa	Testimonio (Percepción)	Adimensional	Entrevista	Guion	
			Iluminación						
			Acústica						
			Color						
			Textura						
			Biofilia						
			Mobiliario						

**Nota.** Explicación de la metodología de la investigación partiendo de las variables, la abreviatura “U.M” corresponde a Unidad de medida. Elaboración propia.

## 2.4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 2.4.5.1. Técnicas

- Análisis documental del marco conceptual y teórico con referencias científicas.
- Análisis documental del marco normativo NTC 4595 y RETILAP.
- Observación para diagnosticar y caracterizar salones caso estudio I206, C203, D201 y F402.
- Encuesta a estudiantes para evaluar criterios neuroarquitectónicas de salones caso estudio.
- Entrevista a muestreo opinático para evaluar la percepción del producto final.

### 2.4.5.2. Instrumentos

- Guía de observación enfocada en recopilar fotografías, análisis lumínico, levantamientos 2D y 3D de salones caso estudio I206, C203, D201 y F402.
- Cuestionario a estudiantes por medio de Google Forms.
- Escala de Likert (intervalo 1-5).
- Diferencial semántico (emociones y conductas).
- Guion de entrevista.

## 2.4.6. PROCEDIMIENTOS

1. Recopilación de bibliografía enfocada a la neuroarquitectura y su impacto conductual en estudiantes.
2. Análisis documental de marco normativo RETILAP y NTC 4595.
3. Determinación de indicadores físico-espaciales de evaluación.
4. Observación por medio de levantamientos, fotografías y análisis lumínico con luxómetro para diagnosticar salones caso estudio C203, D202, F401 e I106.
5. Encuesta a estudiantes por medio de cuestionario para diagnosticar su percepción en salones de caso estudio C203, D202, F401 e I106.

6. Identificación de necesidades por cada salón observado.
7. Elaboración de matriz morfológica para obtener 12 posibles soluciones de diseño.
8. Modelado y renderizado de 12 variaciones con uso de software SketchUp y Enscape para evaluar aspectos morfológicos.
9. Implementación de variaciones en realidad virtual inmersiva con Oculus VR.
10. Inmersión a muestreo opinático del salón I106.
11. Entrevista a muestreo opinático para evaluar la percepción del producto final.
12. Elaboración de guía para la aplicación de estrategias neuroarquitectónicas en espacios educativos.
13. Discusión de resultados y conclusiones.

### CAPÍTULO 3 DIAGNÓSTICO FÍSICO-ESPACIAL DE AULAS CASO DE ESTUDIO

Para abordar la problemática de manera integral, inicialmente se establecieron los criterios de evaluación del entorno educativo a utilizarse en el desarrollo de la presente investigación.

Posteriormente, se detallaron los instrumentos empleados en la observación de las aulas seleccionadas como casos de estudio: C203, D202, F401 e I106. Esta observación se basó en un registro fotográfico que no solo sirvió para documentar visualmente el entorno, sino también como punto de partida para la realización del levantamiento dimensional (2D), el estudio lumínico en cada aula y la creación de modelos tridimensionales (3D) para cada salón.

Esta fase diagnóstica estuvo centrada en capturar la configuración espacial, evaluar la iluminación y analizar la distribución de elementos clave en las aulas. Estos elementos resultaron fundamentales para lograr una comprensión exhaustiva y bien fundamentada del entorno, lo que permitió identificar las necesidades de los cuatro salones analizados en la Universidad La Gran Colombia.

#### 3.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

En el proceso de evaluación de las aulas educativas, es fundamental considerar diversos criterios que conforman el entorno físico y sensorial en el cual se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos criterios abarcan aspectos vitales que influyen de manera directa en la experiencia educativa, permitiendo comprender y valorar la calidad y funcionalidad del espacio educativo en su totalidad. A continuación, se detallarán y explorarán dichos criterios, analizando su importancia en la creación de entornos propicios para el aprendizaje y el bienestar.

### **3.1.1. Condiciones Ambientales**

- **Iluminación Natural**

Valora la calidad y eficacia de la iluminación natural en el aula, factores esenciales que influyen en el bienestar y la adecuada visibilidad durante las actividades educativas. Para esta evaluación, se analiza la presencia, tamaño y distribución de ventanas considerando la rotación del sol en horario matutino. Además, se examina la uniformidad en la intensidad de la luz en el espacio y se evalúa cómo esta se aprovecha en función de la disposición estratégica del mobiliario y la distribución inteligente de las áreas de trabajo.

- **Ventilación**

Evalúa la circulación de aire en el aula con el objetivo de garantizar un ambiente fresco y saludable, contribuyendo al confort y bienestar óptimos de los estudiantes. Para esta evaluación, se considera la presencia y ubicación de ventanas y puertas que faciliten la ventilación natural, así como la existencia y eficacia de sistemas de ventilación mecánica. Además, se examinan posibles fuentes de contaminación y se evalúa la distribución de la ventilación para asegurar una adecuada circulación del aire en diversas zonas del aula.

- **Vegetación**

Valora la presencia de vegetación en el aula y su impacto en el ambiente y bienestar general de los estudiantes. Se examina la existencia de plantas y vegetación en macetas u otros sistemas dentro del espacio, así como su ubicación estratégica en relación con su capacidad para mejorar la estética y contribuir positivamente al ambiente educativo.

### **3.1.2. Estimulación Sensorial**

- **Iluminación Artificial**

Analiza la calidad y distribución de la iluminación artificial en el aula, garantizando que sea suficiente y adecuada para el desempeño de actividades educativas. Se evalúa la intensidad luminosa proporcionada por las fuentes artificiales y la uniformidad de esta en todo el espacio.

- **Color**

Examina la elección de colores en el aula y cómo afectan la estimulación visual y emocional de los estudiantes. Se verifica que los colores elegidos estén alineados con los principios de la psicología del color, adecuados para el propósito educativo. Asimismo, se examina la relación y combinación de colores para asegurar un equilibrio visual armonioso que contribuya a un entorno propicio para el aprendizaje.

- **Textura**

Se evalúa la variedad de texturas presentes en las superficies del aula, considerando cómo estas interactúan con el propósito y naturaleza del espacio educativo. Asimismo, se examina si dichas texturas contribuyen a generar una experiencia sensorial enriquecedora para los estudiantes.

- **Olor**

Evalúa la presencia de olores en el aula para determinar si se proporciona un ambiente olfativo agradable que favorezca una experiencia de aprendizaje óptima. Se busca identificar la fuente o fuentes del olor en el aula y comprender si estos afectan positiva o negativamente el bienestar y la concentración de quienes ocupan el espacio educativo.

### 3.1.3. *Distribución Espacial*

- **Mobiliario**

Analiza la disposición y elección del mobiliario en el aula para garantizar comodidad y funcionalidad en el espacio. Se examina si el mobiliario está diseñado de manera ergonómica, asegurando la comodidad y una postura adecuada durante las actividades educativas. Asimismo, se evalúa la funcionalidad y versatilidad del mobiliario, analizando su capacidad para adaptarse a diversas metodologías de enseñanza y a las diferentes actividades educativas. En adición, se observa si el mobiliario está distribuido de manera óptima para aprovechar eficientemente el espacio disponible en el aula.

- **Distancia al tablero**

Evalúa la distancia apropiada entre el mobiliario y el tablero para garantizar una visibilidad óptima y fomentar la participación de los estudiantes. Se analiza si la separación entre los asientos y el tablero es adecuada para lograr una visión óptima, sin sacrificar la movilidad necesaria para la interacción efectiva con el tablero. Además, se verifica si desde cualquier posición en el aula se tiene una buena visibilidad y un ángulo de visión adecuado hacia el tablero.

- **Aforo**

Evalúa la capacidad máxima de estudiantes que el aula puede albergar para asegurar un espacio adecuado y seguro. Se examina la cantidad máxima de personas que el aula puede albergar sin comprometer la seguridad ni la comodidad, garantizando también la disponibilidad de espacio individual por estudiante y una adecuada circulación y accesibilidad en diferentes áreas del aula.

**3.1.4. Materialidad**

- **Espesor de muros**

Se evalúa si el espesor de los muros cumple con las normativas y estándares de seguridad estructural, además de verificar si dicho espesor contribuye de manera adecuada al aislamiento térmico y acústico en el aula.

- **Material constructivo**

Se evalúa la calidad y durabilidad de los materiales de construcción, asegurando que cumplan con las normativas y estándares de construcción y seguridad. Además, se verifica si los materiales utilizados cumplen con criterios de sostenibilidad y ecoeficiencia, promoviendo así un enfoque responsable en la elección y uso de materiales en la construcción.

- **Acabado interior**

Se analiza la calidad, estética, durabilidad y resistencia de los acabados frente al uso y desgaste diario, considerando su capacidad para mantenerse en óptimas condiciones. Asimismo, se examina la facilidad de mantenimiento y limpieza de los acabados, garantizando un entorno higiénico y bien conservado con esfuerzo mínimo. Por último, se evalúa si los acabados interiores se adecuan al diseño arquitectónico y funcionalidad del aula.

- **Cubierta**

Evalúa la solidez y estabilidad estructural de la cubierta para asegurar su funcionalidad y seguridad, proporcionando un refugio seguro y resistente. Además, evalúa la capacidad de la cubierta para prevenir filtraciones de agua u otros elementos, asegurando un espacio seco y seguro en todo momento. También, se analiza si la cubierta contribuye a la iluminación natural y si se integra de manera armoniosa con el diseño arquitectónico y la estética del aula.

- **Vidrio**

Evalúa la calidad del vidrio en términos de transparencia y claridad visual para asegurar una óptima iluminación natural en el aula. Además, analiza el grado de contribución al aislamiento térmico y acústico del espacio educativo, considerando la eficiencia energética. Se examina también la resistencia y seguridad del vidrio para prevenir riesgos de roturas o accidentes, garantizando un entorno seguro. Por último, se evalúa si el uso de vidrio se integra de manera armoniosa con el diseño arquitectónico y espacial del aula, buscando garantizar la cohesión estética y funcional en el entorno educativo.

- **Aislamiento acústico**

Evalúa la eficacia del aislamiento acústico en reducir el ruido proveniente de áreas adyacentes y en absorber el ruido interno, evitando así la reverberación excesiva. El objetivo es garantizar un ambiente tranquilo y propicio de acuerdo con normativas y estándares establecidos en cuanto al control del sonido, generando un entorno de aprendizaje con condiciones acústicas óptimas que favorezcan la concentración y el bienestar de los estudiantes.

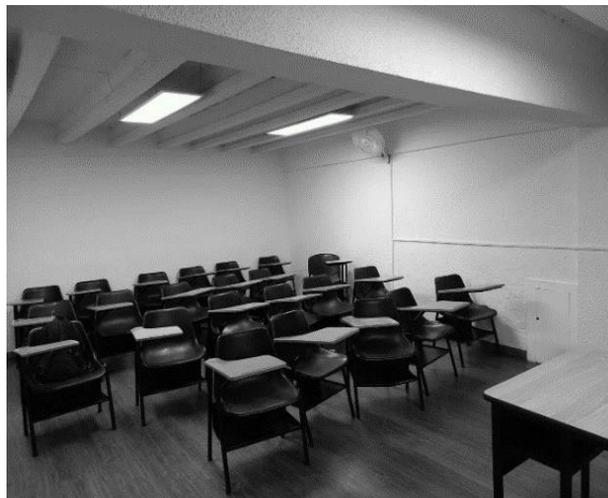
### **3.2. REGISTRO FOTOGRÁFICO**

El registro fotográfico se centró en la aplicación de un enfoque visual para la comprensión y documentación precisa de los salones caso estudio: C203, D202, F401 e I106. Este método resulta ser una herramienta esencial para capturar y analizar en detalle la configuración espacial, los elementos arquitectónicos y las condiciones existentes en cada aula. Estas imágenes se traducen en un recurso valioso que brindará un soporte visual para la formulación de análisis más precisos y propuestas de diseño fundamentadas en la realidad observada.

- **Salón C203**

En la imagen capturada del aula C203 (Figura 2), se puede observar la ausencia de vanos y un exceso de ocupación de espacio, evidenciado por la disposición cercana de las carpetas, lo que resulta en un sobreaforo dentro de la sala. Estos hallazgos constituyen puntos de partida para el análisis y diseño, destacando la necesidad de considerar estratégicamente la disposición de elementos y la iluminación para favorecer un ambiente educativo propicio y funcional. El enfoque posterior debe centrarse en propuestas que armonicen eficazmente la disposición de mobiliario y la maximización del espacio, promoviendo un entorno favorable para el aprendizaje y el bienestar de los ocupantes.

**Figura 2:** *Salón C203 Universidad La Gran Colombia*



*Nota:* La figura representa el registro fotográfico capturado del salón C203. Elaboración propia.

- **Salón D202**

En la fotografía obtenida del Salón D202 (Figura 3) se evidenció la carencia de vanos y la presencia de mobiliario no ergonómico, lo cual resalta la importancia de considerar aspectos espaciales y ergonómicos en el diseño de aulas. La falta de aberturas afecta la iluminación y ventilación, cruciales para un entorno óptimo de aprendizaje. Asimismo, el mobiliario no ergonómico genera incomodidad y afecta la salud postural de los estudiantes.

**Figura 3:** *Salón D202 Universidad La Gran Colombia*

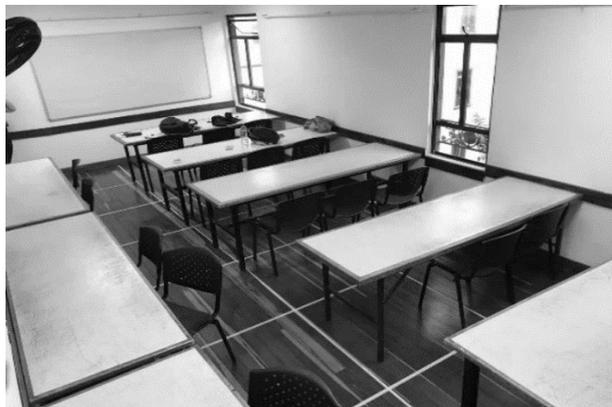


*Nota:* La figura representa el registro fotográfico capturado del salón D202. Elaboración propia.

- **Salón F401**

Entre las observaciones más significativas en la instantánea capturada del Salón F401 (Figura 4), destaca la falta de funcionalidad en la ubicación de ciertos elementos, como las mesas que no permiten una visión óptima de la pizarra, lo que plantea desafíos en términos de diseño y distribución eficiente del mobiliario en un contexto educativo. Asimismo, las dimensiones reducidas de los vanos subrayan la importancia de una iluminación adecuada y la necesidad de considerar estratégicamente la entrada de luz natural en el diseño arquitectónico.

**Figura 4:** *Salón F401 Universidad La Gran Colombia*



*Nota:* La figura representa el registro fotográfico capturado del salón 401. Elaboración propia. Elaboración propia.

- **Salón I106**

En la instantánea obtenida del Salón I106 (Figura 5) se aprecia la ausencia de vanos y una disposición inadecuada del mobiliario. Esto impide que cada estudiante cuente con un espacio individual suficiente para realizar sus actividades de manera cómoda. Asimismo, se observa una visibilidad limitada hacia el tablero debido a la disposición cercana de las mesas y sillas, lo que representa un obstáculo para que los estudiantes tengan una visión clara para seguir la enseñanza. Igualmente, se nota la falta de un sistema de ventilación adecuado, lo que contribuye a la presencia de olores desfavorables en el ambiente.

**Figura 5:** *Salón I106 Universidad La Gran Colombia*



*Nota:* La figura representa el registro fotográfico capturado del salón I106. Elaboración propia.

### 3.3. LEVANTAMIENTO 2D

Se llevó a cabo un levantamiento en dos dimensiones (2D) de los cuatro salones objeto de estudio, apoyado en fotografías detalladas y observaciones minuciosas.

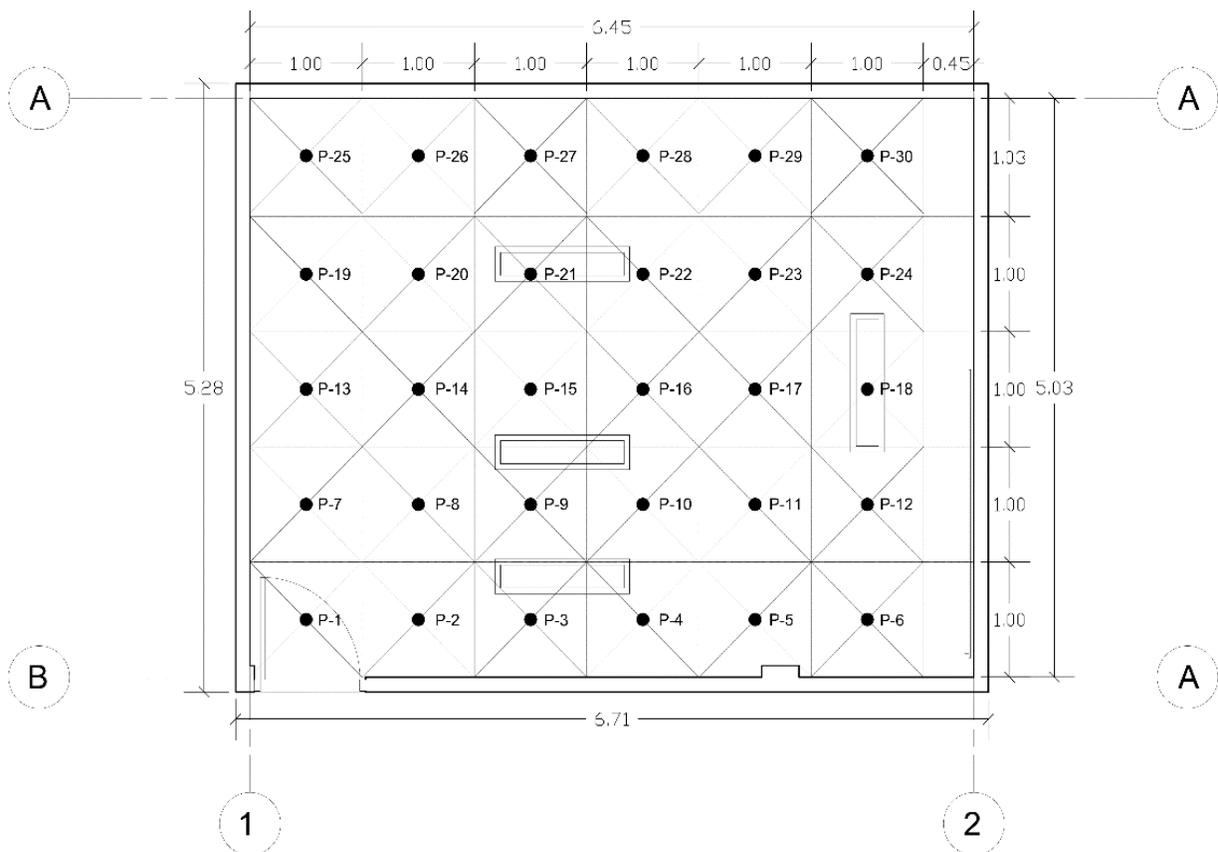
Este proceso de levantamiento en 2D permitió la creación de representaciones precisas y detalladas de la geometría y distribución espacial de los salones, sentando así las bases para la posterior generación de modelos tridimensionales.

- **Salón C203**

El levantamiento 2D del aula C203 (Figura 6) revela una superficie de 5.71 metros de longitud y 5.28 metros de ancho, así como una puerta de acceso ubicada en la pared sur.

La disposición de los puntos de medición lumínica se realizó estratégicamente sobre la

**Figura 6:** Levantamiento 2D y Análisis Lumínico del Salón C203



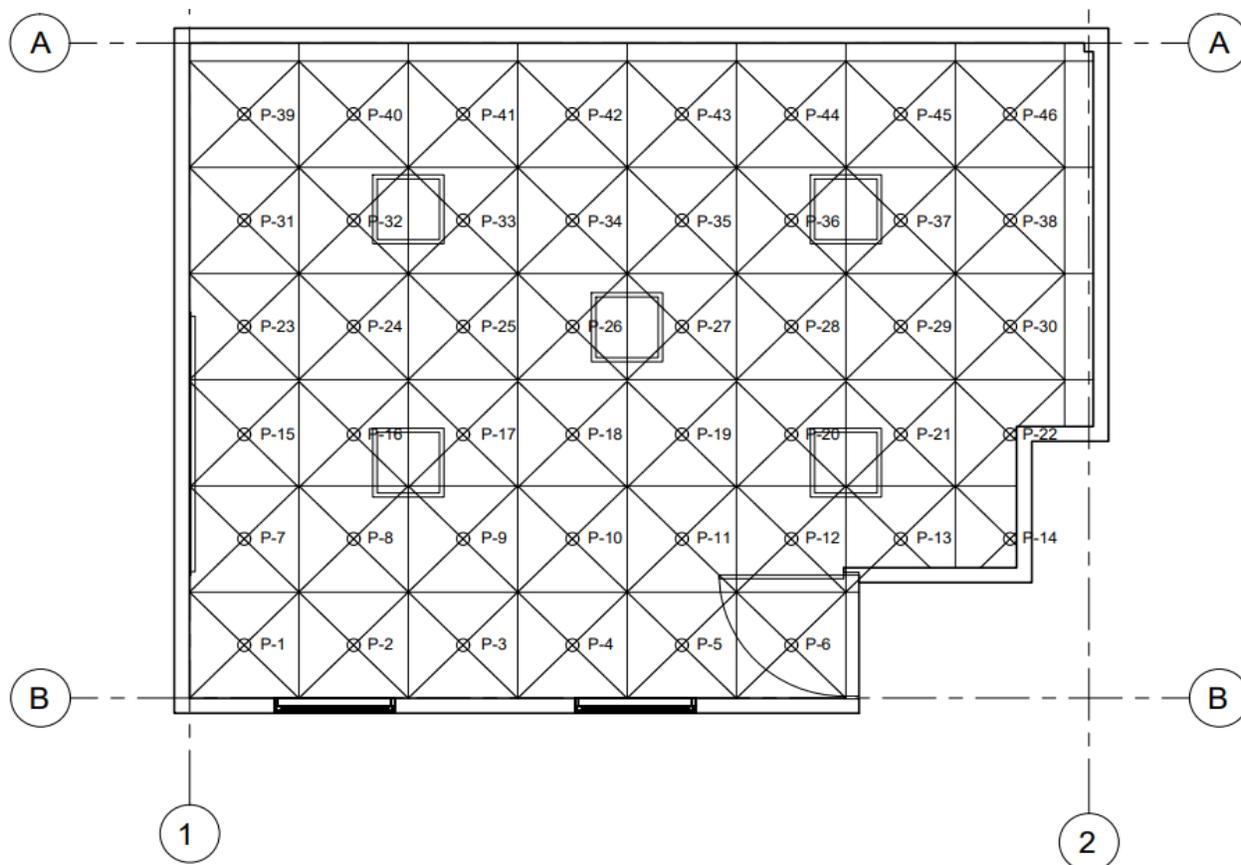
*Nota:* La figura representa el levantamiento 2D realizado del salón C203. Elaboración propia.

- **Salón D202**

El levantamiento 2D del aula D202 (Figura 7) expone una superficie de 8 metros de longitud y 6 metros de ancho, así como una puerta de acceso ubicada en la pared oeste. Adicionalmente, se detectan dos ventanas en la pared sur del salón.

La disposición de los puntos de medición lumínica se realizó estratégicamente sobre la representación planimétrica del aula, se distribuyeron 46 puntos de manera uniforme en el área, considerando un espaciamiento horizontal y vertical de 1 metro entre ellos.

**Figura 7:** Levantamiento 2D y Análisis Lumínico del Salón D202



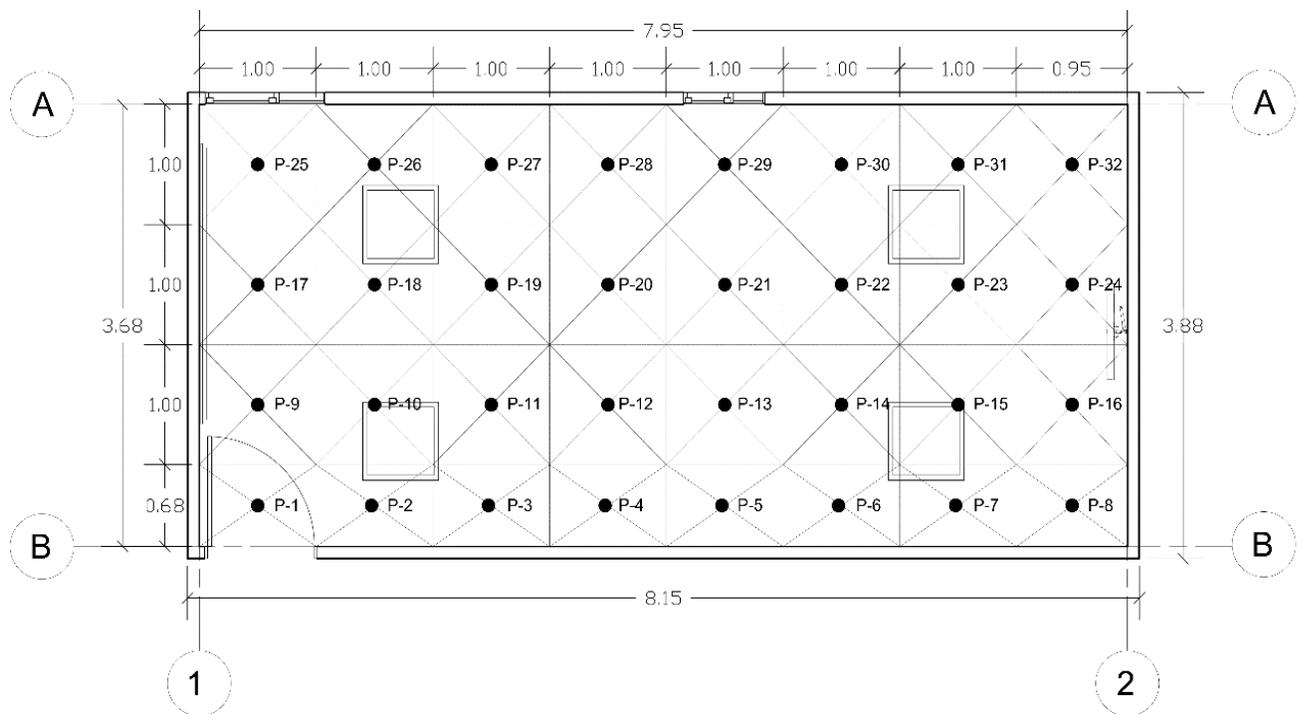
*Nota:* La figura representa el levantamiento 2D realizado del salón D202. Elaboración propia.

- **Salón F401**

El levantamiento 2D del aula F401 (Figura 8) revela una superficie de 8.15 metros de longitud y 3.88 metros de ancho, así como una puerta de acceso ubicada en la pared sur. Adicionalmente, se detecta una ventana en la pared norte del salón.

La disposición de los puntos de medición lumínica se realizó estratégicamente sobre la representación planimétrica del aula, se distribuyeron 32 puntos de manera uniforme en el área, considerando un espaciamiento horizontal y vertical de 1 metro entre ellos.

**Figura 8:** Levantamiento 2D y Análisis Lumínico del Salón F401



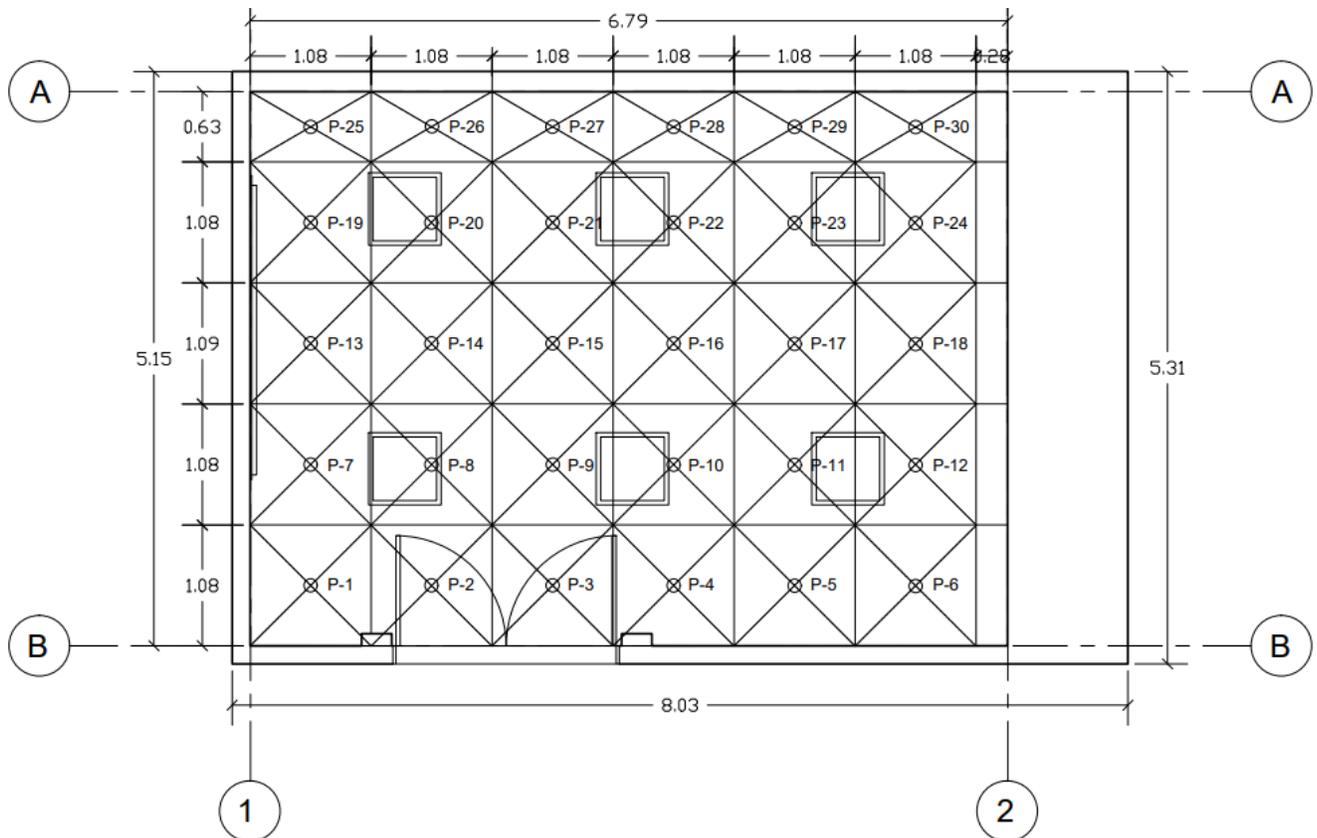
*Nota:* La figura representa el levantamiento 2D realizado del salón F401. Elaboración propia.

- **Salón I106**

El levantamiento 2D del aula I106 (Figura 9) expone una superficie de 7 metros de longitud y 5.31 metros de ancho, así como una puerta doble de acceso ubicada en la pared sur.

La disposición de los puntos de medición lumínica se realizó estratégicamente sobre la representación planimétrica del aula, se distribuyeron 30 puntos de manera uniforme en el área, considerando un espaciamiento horizontal y vertical de 1 metro entre ellos.

**Figura 9:** Levantamiento 2D y Análisis Lumínico del Salón I106



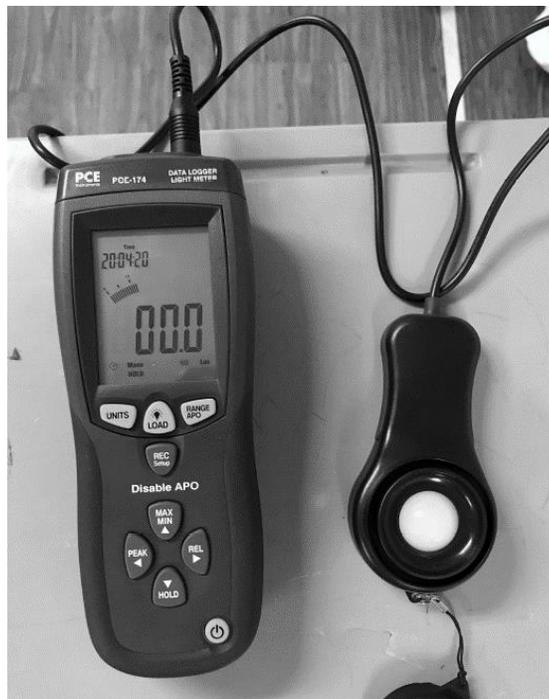
*Nota:* La figura representa el levantamiento 2D realizado del salón I106. Elaboración propia.

### 3.4. ANÁLISIS LUMÍNICO

Para llevar a cabo este análisis, se empleó un luxómetro PCE-174 (Figura 10), herramienta que permitió medir con precisión la intensidad luminosa en distintos puntos estratégicamente seleccionados a lo largo de los salones caso estudio C203, D202, F104 y I106. Estas mediciones se llevaron a cabo tanto en la franja horaria matutina como vespertina, con el fin de comprender la variabilidad lumínica en diferentes momentos del día y en distintas condiciones de iluminación natural y artificial.

Los resultados de este estudio lumínico constituyen un recurso valioso para evaluar la eficacia actual de la iluminación en los espacios y proporcionarán la base empírica para proponer mejoras que optimicen la calidad lumínica en armonía con el propósito y uso del salón. Asimismo, esta información se integrará en la formulación posterior de estrategias neuroarquitectónicas, contribuyendo así a la creación de espacios educativos óptimos y equilibrados desde el punto de vista lumínico.

**Figura 10:** Luxómetro PCE-174



*Nota:* La figura muestra el luxómetro utilizado en el estudio lumínico. Elaboración propia.

- **Salón C203**

El estudio lumínico realizado en el salón C203 constó de mediciones tomadas en 30 puntos previamente identificados, se estableció una altura estándar de 0.8 metros respecto al nivel del suelo en todas las mediciones. Estos registros abarcaron tanto la franja horaria diurna como nocturna. A continuación, se exponen los resultados obtenidos, expresados en unidades de lux, para su posterior interpretación.

**Tabla 8:** Estudio Lumínico del Salón C203

BLOQUE C							
PUNTOS DE IDENTIFICACIÓN	DIA			PUNTOS DE IDENTIFICACIÓN	DIA		
	ALTURA SOBRE EL PISO (m)	TARDE (AM)	NOCHE (PM)		ALTURA SOBRE EL PISO (m)	TARDE (AM)	NOCHE (PM)
<b>P1</b>	0,8	0,9	110,7	<b>P16</b>	0,8	0,5	264,2
<b>P2</b>	0,8	1,2	261,9	<b>P17</b>	0,8	0,2	196,7
<b>P3</b>	0,8	0,4	302,5	<b>P18</b>	0,8	0,0	285,1
<b>P4</b>	0,8	0,2	174,1	<b>P19</b>	0,8	0,8	130,0
<b>P5</b>	0,8	0,0	105,5	<b>P20</b>	0,8	0,9	315,8
<b>P6</b>	0,8	0,0	83,9	<b>P21</b>	0,8	0,8	372,4
<b>P7</b>	0,8	3,6	142,8	<b>P22</b>	0,8	0,6	221,9
<b>P8</b>	0,8	3,0	349,5	<b>P23</b>	0,8	0,3	174,0
<b>P9</b>	0,8	1,0	399,7	<b>P24</b>	0,8	0,0	208,7
<b>P10</b>	0,8	0,2	219,1	<b>P25</b>	0,8	0,6	98,1
<b>P11</b>	0,8	0,0	161,0	<b>P26</b>	0,8	0,5	227,7
<b>P12</b>	0,8	0,0	176,6	<b>P27</b>	0,8	0,7	249,7
<b>P13</b>	0,8	1,5	138,6	<b>P28</b>	0,8	0,6	154,8
<b>P14</b>	0,8	1,6	339,7	<b>P29</b>	0,8	0,5	113,4
<b>P15</b>	0,8	1,1	378,3	<b>P30</b>	0,8	0,2	101,8

Durante la jornada diurna se puede apreciar que en el punto P7, según el levantamiento 2D, la iluminación natural es considerablemente mayor, registrando 174,1 lx. En la jornada nocturna, se observa que el punto con la iluminación artificial más intensa es P9, alcanzando un valor de 399,7 lx. A pesar de tener el valor más alto, no cumple con los requisitos mínimos de luminancia establecidos para espacios educativos según la normativa NTC 4595 de 2020.

- **Salón D202**

El análisis lumínico llevado a cabo en el salón C203 implicó mediciones tomadas en 30 puntos predefinidos, manteniendo una altura constante de 0.8 metros respecto al nivel del suelo en todas las mediciones. Este registro se ejecutó tanto en la franja horaria matutina como vespertina con el propósito de brindar un registro preciso. A continuación, se presentan los resultados expresados en unidades de lux.

**Tabla 9:** Estudio Lumínico del Salón D202

BLOQUE D							
PUNTOS DE IDENTIFICACIÓN	DIA			PUNTOS DE IDENTIFICACIÓN	DIA		
	ALTURA SOBRE EL PISO (m)	TARDE (AM)	NOCHE (PM)		ALTURA SOBRE EL PISO (m)	TARDE (AM)	NOCHE (PM)
<b>P1</b>	0,8	0,0	399,8	<b>P16</b>	0,8	0,0	398,5
<b>P2</b>	0,8	0,0	401,7	<b>P17</b>	0,8	0,0	385,7
<b>P3</b>	0,8	0,0	411,2	<b>P18</b>	0,8	0,0	384,7
<b>P4</b>	0,8	0,0	460,6	<b>P19</b>	0,8	0,0	405,9
<b>P5</b>	0,8	0,5	380,7	<b>P20</b>	0,8	0,0	411,2
<b>P6</b>	0,8	0,4	362,4	<b>P21</b>	0,8	0,0	381,5
<b>P7</b>	0,8	0,0	372,8	<b>P22</b>	0,8	0,0	380,5
<b>P8</b>	0,8	0,0	379,6	<b>P23</b>	0,8	0,0	378,8
<b>P9</b>	0,8	0,0	390,4	<b>P24</b>	0,8	0,0	399,5
<b>P10</b>	0,8	0,0	380,2	<b>P25</b>	0,8	0,0	388,4
<b>P11</b>	0,8	0,2	410,2	<b>P26</b>	0,8	0,0	396,3
<b>P12</b>	0,8	0,2	397,5	<b>P27</b>	0,8	0,0	385,4
<b>P13</b>	0,8	0,0	388,0	<b>P28</b>	0,8	0,0	384,7
<b>P14</b>	0,8	0,0	404,5	<b>P29</b>	0,8	0,0	388,5
<b>P15</b>	0,8	0,0	387,8	<b>P30</b>	0,8	0,0	375,4

Se nota que en el salón D202, específicamente en el punto P5 según el levantamiento 2D, la iluminación natural es escasa y en su mayoría se registra un valor de 0 lx. Esta situación se debe a la falta de aberturas en el aula que permitan el ingreso de luz natural. Durante la jornada nocturna, se identifica que el punto con la iluminación artificial más intensa es P4, registrando un valor de 460,6 lx, el cual no cumple con los estándares mínimos de luminancia según la normativa NTC 4595 de 2020.

- **Salón F401**

El estudio lumínico realizado en el salón F401 constó de mediciones tomadas en 32 puntos previamente identificados, se estableció una altura estándar de 0.8 metros respecto al nivel del suelo para todas las mediciones. Este registro se ejecutó tanto en la franja horaria diurna como nocturna. A continuación, se presentan los resultados expresados en unidades de lux y su respectiva interpretación.

**Tabla 10:** Estudio Lumínico del Salón F401

BLOQUE F							
PUNTOS DE IDENTIFICACIÓN				PUNTOS DE IDENTIFICACIÓN	DIA		
	ALTURA SOBRE EL PISO (m)	TARDE (AM)	NOCHE (PM)		ALTURA SOBRE EL PISO (m)	TARDE (AM)	NOCHE (PM)
<b>P1</b>	0,8	57,0	199,8	<b>P17</b>	0,8	57,7	279,6
<b>P2</b>	0,8	29,9	266,5	<b>P18</b>	0,8	44,9	342,7
<b>P3</b>	0,8	25,6	235,0	<b>P19</b>	0,8	22,1	279,8
<b>P4</b>	0,8	1,0	150,2	<b>P20</b>	0,8	26,1	178,2
<b>P5</b>	0,8	15,9	168,0	<b>P21</b>	0,8	36,9	199,7
<b>P6</b>	0,8	15,7	247,1	<b>P22</b>	0,8	4,5	292,1
<b>P7</b>	0,8	14,1	297,0	<b>P23</b>	0,8	9,9	337,0
<b>P8</b>	0,8	11,7	215,8	<b>P24</b>	0,8	4,5	205,0
<b>P9</b>	0,8	44,3	222,4	<b>P25</b>	0,8	229,8	204,2
<b>P10</b>	0,8	35,8	343,6	<b>P26</b>	0,8	33,0	294,4
<b>P11</b>	0,8	21,2	233,2	<b>P27</b>	0,8	7,4	245,0
<b>P12</b>	0,8	16,5	125,6	<b>P28</b>	0,8	19,5	159,7
<b>P13</b>	0,8	13,7	189,5	<b>P29</b>	0,8	150,0	152,8
<b>P14</b>	0,8	13,9	303,8	<b>P30</b>	0,8	26,9	255,5
<b>P15</b>	0,8	11,1	333,6	<b>P31</b>	0,8	4,1	301,0
<b>P16</b>	0,8	8,9	246,9	<b>P32</b>	0,8	2,9	198,2

Se evidencia que en el punto P25 la iluminación natural es más intensa con un valor de 229,8 a 0.80 m sobre el nivel del suelo. Es importante destacar que este salón recibe mayor cantidad de luz natural entre los espacios estudiados, pero aun así no cumple con los requerimientos mínimos de iluminación que establecen 400 lx. Durante la jornada nocturna, el punto P15 registra el mayor valor con 333,6 lx, sin embargo, no corresponde con la luminancia mínima para espacios educativos según la NTC 4595 2020.

- **Salón I106**

El análisis lumínico ejecutado en el salón I106 implicó mediciones realizadas en 30 puntos preseleccionados, manteniendo una altura uniforme de 0.8 metros respecto al nivel del suelo para todas las mediciones. Estos registros lumínicos abarcaron tanto la franja horaria diurna como nocturna. A continuación, se exponen los resultados obtenidos expresados en unidades de lux.

**Tabla 11:** Estudio Lumínico del Salón I106

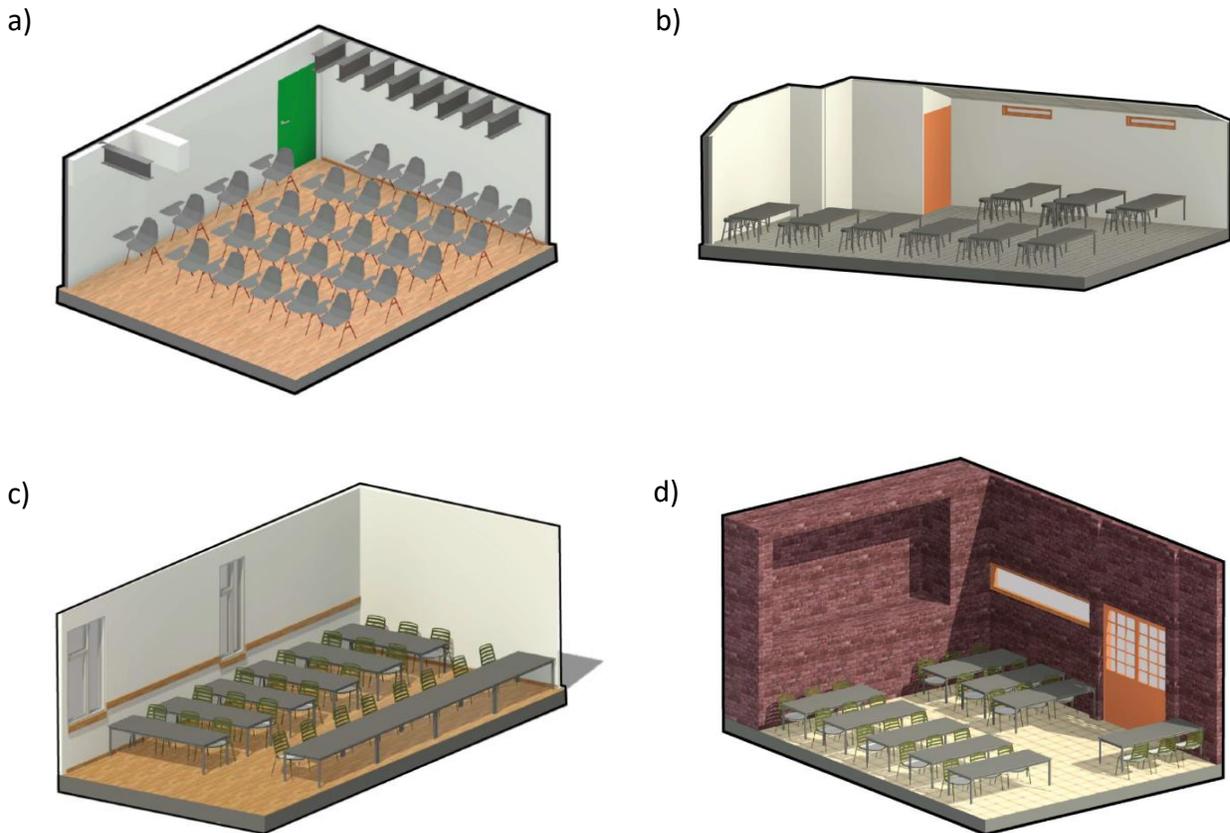
BLOQUE I							
PUNTOS DE IDENTIFICACIÓN	DIA			PUNTOS DE IDENTIFICACIÓN	DIA		
	ALTURA SOBRE EL PISO (m)	TARDE (AM)	NOCHE (PM)		ALTURA SOBRE EL PISO (m)	TARDE (AM)	NOCHE (PM)
P1	0,8	0,5	221,9	P16	0,8	0,0	311,2
P2	0,8	0,8	174,0	P17	0,8	0,0	286,7
P3	0,8	0,8	208,7	P18	0,8	0,0	315,2
P4	0,8	0,5	98,1	P19	0,8	0,0	311,7
P5	0,8	0,3	227,7	P20	0,8	0,0	273,8
P6	0,8	0,3	249,7	P21	0,8	0,0	271,4
P7	0,8	0,4	311,2	P22	0,8	0,0	317,8
P8	0,8	0,4	286,7	P23	0,8	0,0	205,0
P9	0,8	0,4	325,2	P24	0,8	0,0	204,2
P10	0,8	0,4	284,9	P25	0,8	0,0	294,4
P11	0,8	0,5	312,2	P26	0,8	0,0	245,0
P12	0,8	0,4	348,9	P27	0,8	0,0	159,7
P13	0,8	0,0	232,9	P28	0,8	0,0	164,2
P14	0,8	0,0	227,7	P29	0,8	0,0	163,1
P15	0,8	0,0	249,7	P30	0,8	0,0	162,0

Se observa que en el salón I106 en el punto P2 y P3, de acuerdo con el levantamiento 2D, hay mayor iluminación natural con 0,8 de luminancia a 0.80 m sobre nivel del suelo. Sin embargo, el resto del salón se encuentra en oscuridad, excepto en los puntos de acceso por donde entra una mínima cantidad de luz natural. Durante la jornada nocturna, el punto de mayor iluminación artificial es P12, aunque no cumple con los estándares mínimos de luminancia para espacios educativos establecidos por la NTC 4595 de 2020.

**3.5. LEVANTAMIENTO 3D**

Con el uso del software Revit se logró recrear la geometría y características arquitectónicas de los cuatro salones caso de estudio (Figura 11). Este enfoque tiene como objetivo principal obtener una representación virtual precisa para llevar a cabo un análisis detallado de la estructura, distribución y disposición de elementos arquitectónicos presentes en los salones. Asimismo, estos modelos 3D serán fundamentales para la formulación de propuestas de intervención y mejora, permitiendo visualizar posibles modificaciones y evaluar su impacto.

**Figura 11:** Levantamiento 3D de salones caso estudio a) Salón C203, B) Salón D202, c) Salón F401, D) Salón I106.



*Nota:* La figura representa los levantamientos 3D realizados por cada salón caso estudio. Elaboración propia.

**3.6. ENCUESTAS A MUESTREO ESTRATIFICADO EN SALONES CASO DE ESTUDIO**

Se aplicó la encuesta a un total de 252 estudiantes pertenecientes a la Universidad La Gran Colombia, utilizando formularios de Google como medio de recolección de datos. El propósito principal de esta encuesta fue de naturaleza exploratoria y estuvo enfocado en evaluar la percepción que los estudiantes tienen acerca de los criterios neuroarquitectónicos aplicados en los salones que se tomaron como caso de estudio.

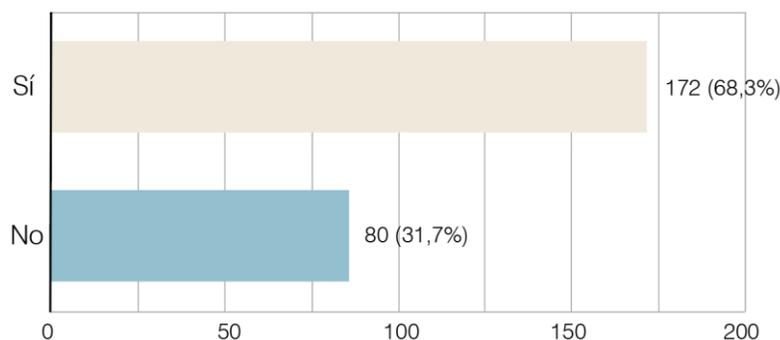
La encuesta incluyó preguntas específicas diseñadas para indagar la opinión de los estudiantes sobre varios aspectos de los salones de estudio, como la distribución del espacio, la iluminación, la disposición del mobiliario, los colores y otros elementos relevantes desde la perspectiva de la neuroarquitectura. A través de sus respuestas, se buscó obtener percepciones valiosas que puedan contribuir a futuras mejoras en el diseño con el fin de optimizar la experiencia educativa.

**Evaluación de la Acústica en los Salones:**

Inicialmente, se evaluó la acústica de los salones. La primera pregunta de la encuesta (Figura 12) tuvo como objetivo determinar el porcentaje de estudiantes que experimentan molestias o incomodidades debido al ruido externo en el aula durante las clases.

**Figura 12:** Porcentaje de estudiantes con molestia/incomodidad por ruido externo

¿Considera que el ruido externo del aula molesta/incomoda al momento de recibir una clase?

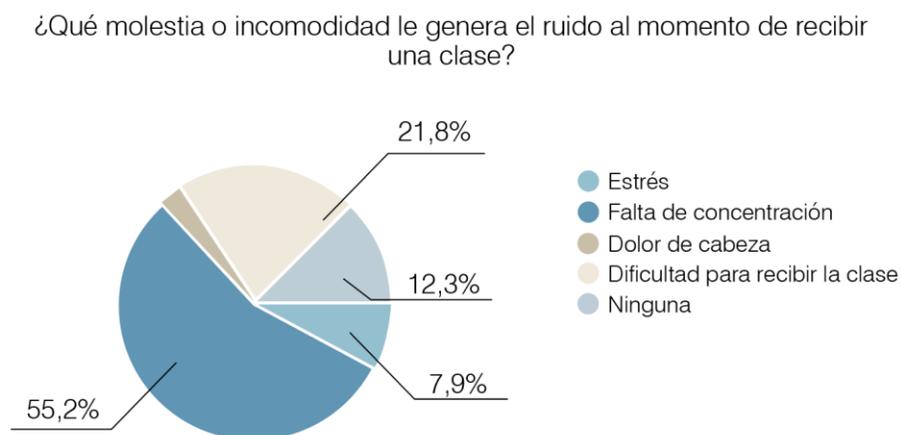


*Nota:* La figura representa la percepción de los estudiantes al ruido externo del aula. Elaboración propia.

Los resultados revelaron que aproximadamente el 68% de los encuestados manifestaron sentirse molestos o incómodos por el ruido externo. Por otro lado, alrededor del 32% indicó que el ruido no les molestaba o incomodaba. Esta diferencia en las respuestas señala una percepción generalizada de que el ruido externo es una molestia para la mayoría durante la clase. Lo anterior sugiere implementar medidas para abordar este problema, como mejorar el aislamiento acústico.

La segunda pregunta para la evaluación de la acústica (Figura 13) se centró en evaluar la magnitud de la molestia o incomodidad que genera el ruido al recibir una clase, considerando efectos negativos como estrés, falta de concentración, dolor de cabeza y dificultad para recibir la lección.

**Figura 13:** Efectos negativos en estudiantes ante el ruido externo



*Nota:* La gráfica ilustra la magnitud de la molestia o incomodidad experimentada debido al ruido durante una clase. Elaboración propia.

A partir de los resultados anteriores, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

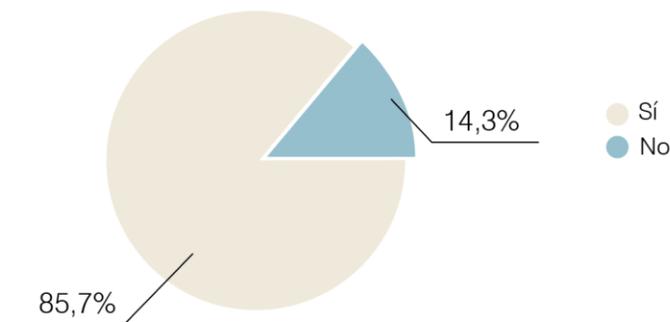
- La falta de concentración es la molestia más común reportada por los estudiantes, con un alto porcentaje del 55,2%. Esto sugiere que el ruido externo en el aula tiene un impacto significativo en la capacidad de los estudiantes para concentrarse en la clase.
- La dificultad para recibir la clase también es una preocupación importante, con un 21,8% de los estudiantes informando que el ruido dificulta recibir la enseñanza de manera efectiva.

- El estrés también es una molestia notable, aunque en menor medida, con un 7,9% de los estudiantes reportándolo como un efecto negativo del ruido. Esto indica que el ruido puede generar una respuesta emocional negativa en algunos estudiantes.
- Un pequeño porcentaje de estudiantes mencionó experimentar dolor de cabeza debido al ruido (2,8%), lo que demuestra que el ruido también puede tener efectos físicos.
- Sin embargo, un 12,3% de los estudiantes indicaron que ninguna de las opciones anteriores les generaba molestia o incomodidad, lo que sugiere que algunos estudiantes pueden ser menos sensibles al ruido en el entorno de aprendizaje.

En contraste con la pregunta anterior, se exploró la disposición de los estudiantes para respaldar medidas de mitigación del ruido (Figura 14). Los resultados se detallan a continuación:

**Figura 14:** Apoyo de estudiantes hacia mitigación de ruido

¿Estaría de acuerdo con implementar otro tipo de materialidad en el aula para mitigar el ruido?



*Nota:* La gráfica ilustra el apoyo estudiantil a implementar nuevos materiales para mitigar el ruido. Elaboración propia.

Aproximadamente el 85,7% estaría de acuerdo con la implementación de otro tipo de materialidad en el aula para mitigar el ruido. Esto indica que la mayoría de los estudiantes reconocen la importancia de abordar el problema del ruido en el aula y están dispuestos a respaldar soluciones que puedan mejorar su experiencia educativa. La implementación de materiales acústicos que reduzcan el

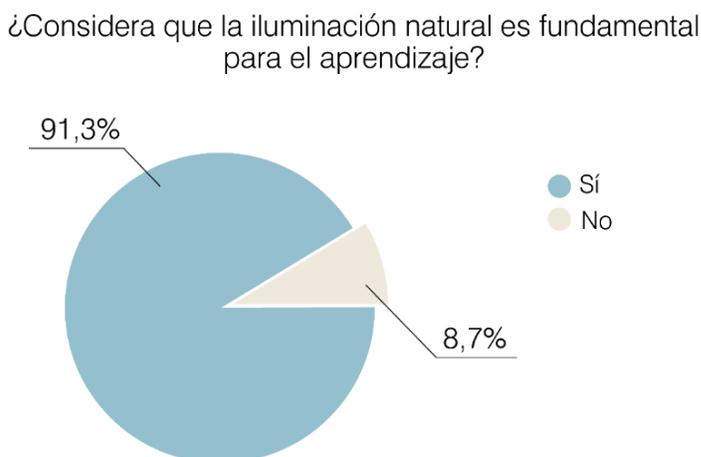
ruido podría beneficiar al crear un entorno de aprendizaje más propicio para la concentración y el aprendizaje efectivo.

Es importante considerar las opiniones de aquellos que respondieron "No" (14,3%) y abordar cualquier inquietud que puedan tener sobre la implementación de nuevos materiales en el aula.

**Evaluación de la Iluminación en los Salones:**

La segunda variable que se evaluó es la iluminación, abarcando tanto la natural como la artificial, y poniendo especial atención en cómo influye en el proceso de aprendizaje de los estudiantes encuestados. La exploración comenzó con una pregunta sobre la percepción general sobre la importancia de la iluminación natural en el contexto educativo (Figura 15).

**Figura 15:** Percepción de la importancia de la iluminación natural en salones



*Nota:* La figura representa la percepción estudiantil sobre la importancia de la iluminación natural en el aprendizaje. Elaboración propia.

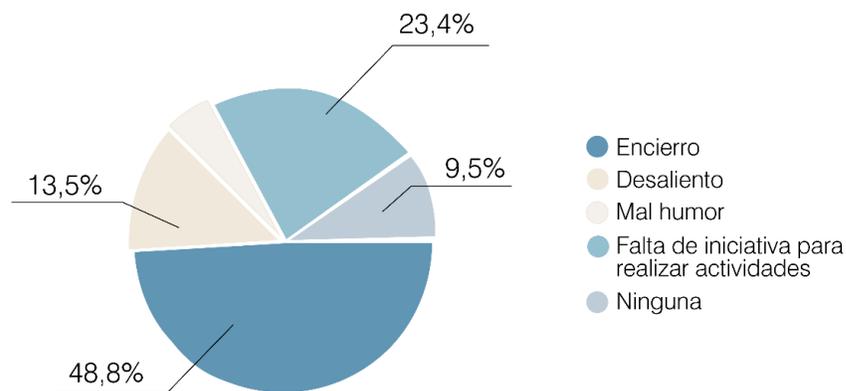
Un significativo 91,3% de los encuestados respondió afirmativamente, evidenciando que la mayoría de los estudiantes consideran que la iluminación natural juega un papel fundamental en su proceso de aprendizaje. Estos resultados pueden servir como guía para la toma de decisiones en diseño

y planificación de espacios educativos, con el objetivo de mejorar la calidad de la experiencia de aprendizaje para los estudiantes.

Continuando en este contexto, se prosiguió con la exploración de las sensaciones que experimentan los alumnos al estar en un aula sin iluminación natural (Figura 16). Las sensaciones propuestas fueron encierro, desaliento, mal humor y falta de iniciativa para realizar actividades.

**Figura 16:** Sensaciones de estudiantes ante la falta de iluminación natural

¿Con cuáles de las siguientes sensaciones se identifica estando en un aula educativa sin iluminación natural?



*Nota:* La imagen ilustra las sensaciones experimentadas al estar en un salón con ausencia de iluminación natural. Elaboración propia.

La interpretación de los resultados señala lo siguiente:

- La respuesta más común, con un 48,8%, fue el sentimiento de "encierro", lo que indica que la falta de iluminación natural contribuye a la percepción de un entorno claustrofóbico y limitado.
- El 23,4% mencionó sentir una "falta de iniciativa para realizar actividades", indicando una disminución en la motivación y energía para participar en actividades educativas.

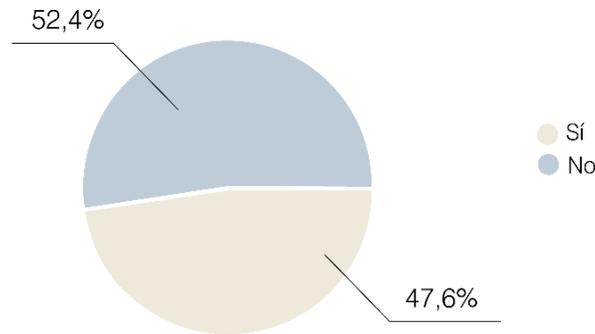
- El 13,5% de los encuestados expresó sentir "desaliento", lo que sugiere que la falta de luz natural puede afectar negativamente su bienestar emocional y motivación.
- El 4,8% mencionó estar de "mal humor", lo que podría influir en su disposición general para el aprendizaje.
- Es alentador observar que un 9,5% indicó "ninguna" sensación negativa, lo que sugiere que una minoría de estudiantes no se ve fuertemente afectada por la ausencia de iluminación natural en el aula.

En resumen, los resultados de esta encuesta subrayan la importancia de la iluminación natural en el entorno educativo, dado que la mayoría de los estudiantes encuestados experimentan sensaciones negativas cuando se encuentran en aulas sin iluminación natural. Estos hallazgos pueden proporcionar información valiosa para respaldar por un diseño de espacios educativos que maximice la entrada de luz natural, potencialmente mejorando así el bienestar y la motivación de los estudiantes.

Para concluir la evaluación de la iluminación, se indagó sobre si los estudiantes consideran que la iluminación artificial en sus aulas es adecuada para las actividades escolares (Figura 17). Se observa una notable división en las respuestas, donde el 52,4% de los encuestados expresó que la iluminación artificial no es adecuada para sus actividades escolares, mientras que el 47,6% opinó lo contrario. Este contraste sugiere que existe una percepción variada sobre la calidad de la iluminación artificial en el entorno educativo. Algunos estudiantes pueden sentir que la iluminación actual no cumple con sus necesidades y preferencias, lo que podría influir en su comodidad, concentración y desempeño académico. Se recomienda tomar medidas para abordar la cuestión de la iluminación artificial, como la mejora de la calidad de la iluminación o la adaptación a las preferencias de los estudiantes.

**Figura 17:** Percepción de estudiantes sobre adecuación de la Iluminación Artificial en las aulas

¿Considera que la iluminación artificial es la adecuada para las actividades que realiza?



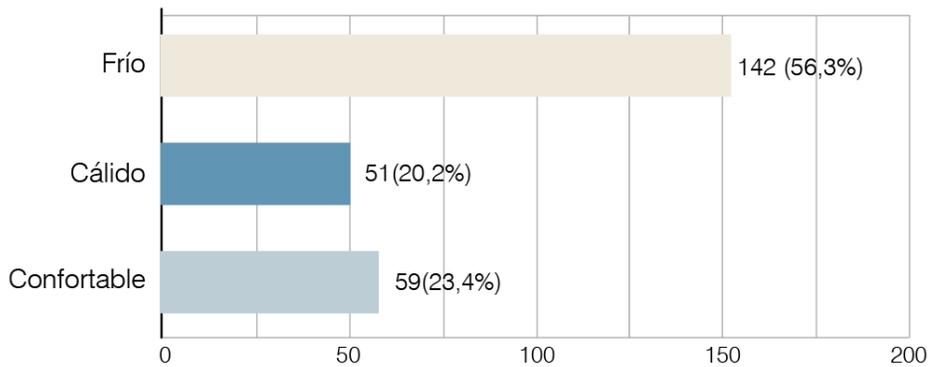
*Nota:* La ilustración representa el porcentaje de estudiantes que evalúan como adecuada o inadecuada la iluminación artificial del aula en el contexto de sus actividades académicas. Elaboración propia.

**Evaluación de la Sensación Térmica en los Salones:**

Para el análisis de este criterio, se solicitó a los estudiantes que describieran la sensación térmica en una sola palabra, teniendo como alternativas "frío", "cálido" y "confortable".

**Figura 18:** Sensación térmica de estudiantes en salones

¿Cómo describiría la sensación térmica en este salón de clases?



*Nota:* La figura ilustra la selección de los estudiantes para describir la sensación térmica en su salón de clases. Elaboración propia.

Los resultados destacan lo siguiente:

- La mayoría de los estudiantes, con un 56,3%, describió la sensación térmica como "fría".

Esto indica que una gran proporción de los encuestados considera que la temperatura en el salón de clases es más baja de lo que les resultaría cómoda.

- Por otro lado, el 20,2% escogió describirla como "cálida", lo que sugiere que un segmento considerable percibe la temperatura más alta de lo que considerarían cómodo.

- El 23,4% restante de los encuestados describió la sensación térmica como "confortable", lo que indica que una minoría considera que la temperatura en el aula está en un rango aceptable para el aprendizaje.

Estos resultados reflejan la importancia de considerar y gestionar la temperatura en los espacios educativos, dado que las variaciones en el confort térmico pueden impactar directamente en el desempeño estudiantil.

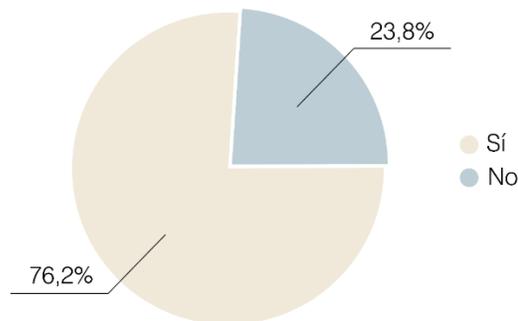
#### **Evaluación de la Presencia y Control de Olores en los Salones:**

Como tercer criterio de análisis, se abordó la detección de olores en las aulas y su impacto en los estudiantes. Inicialmente, se exploró cómo la presencia de olores afecta la disposición de los encuestados para comprometerse en sus estudios (Figura 19).

El 76,2% de los encuestados afirmó que los olores en el aula sí influyen en su disposición para participar activamente en las actividades académicas. Esto sugiere que los estudiantes son sensibles a los olores en el ambiente de aprendizaje y que estos pueden tener un impacto significativo en su participación y compromiso en las actividades educativas. Los olores desagradables o molestos pueden actuar como distracciones o causar incomodidad, lo que podría disminuir la atención y la concentración de los estudiantes en las tareas académicas.

**Figura 19:** *Influencia de olores en la participación en actividades educativas*

¿La presencia de olores en el aula influyen en su disposición para participar activamente en las actividades educativas?

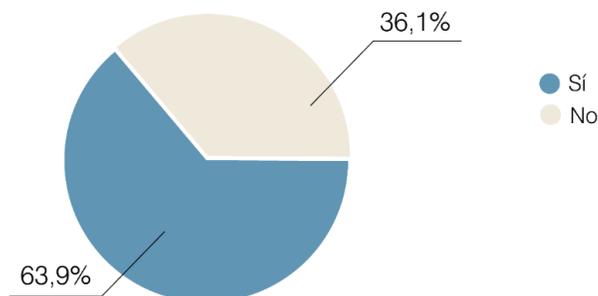


*Nota:* La imagen ilustra la percepción de los estudiantes hacia la presencia de olores en el aula y el impacto en su disposición a estudiar. Elaboración propia.

Adicionalmente, se exploró cómo los olores contribuyen a la experiencia de aprendizaje (Figura 20). El 63,9% de los encuestados consideró que los olores en el aula mejoran su experiencia de aprendizaje, lo que resalta la importancia de mantener un ambiente agradable y libre de olores desagradables en las aulas. El diseño y la gestión de espacios educativos deben considerar la calidad del aire y los olores como factores importantes para el bienestar y el rendimiento de los estudiantes.

**Figura 20:** *Contribución de los Olores a la Experiencia de Aprendizaje*

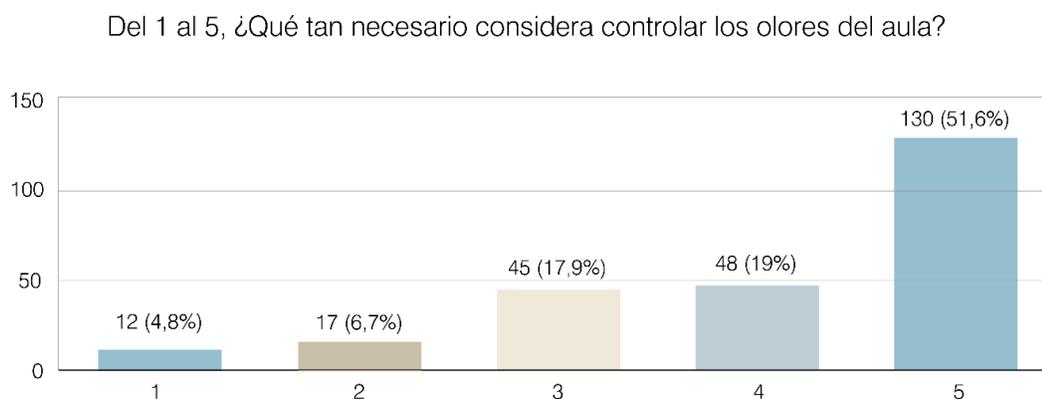
¿Considera que los olores del aula favorecen/mejoran su experiencia de aprendizaje?



*Nota:* La representación gráfica ilustra el porcentaje de respuestas de los estudiantes respecto a cómo los olores influyen en su experiencia de aprendizaje. Elaboración propia.

Finalmente, se midió la percepción de la necesidad de controlar los olores en el aula en una escala del 1 al 5 (Figura 21), se puede concluir que la gran mayoría de los encuestados considera que es altamente necesario controlar los olores en el aula.

**Figura 21:** Evaluación de la percepción estudiantil sobre la mitigación de olores



*Nota:* La gráfica ilustra el apoyo estudiantil a implementar medidas de mitigación de olores. Elaboración propia.

El 70,6% de los estudiantes seleccionó las opciones 4 y 5, indicando una alta necesidad por mantener un ambiente educativo sin olores molestos. El 17,9% de los estudiantes eligió la opción 3, lo que sugiere que consideran que es moderadamente necesario controlar los olores en el aula. Solo un 11,5% de los estudiantes seleccionó las opciones 1 y 2, que indican una menor necesidad de mitigación de los olores.

En términos generales, las opiniones de los estudiantes respaldan la necesidad de mantener un ambiente de aprendizaje libre de olores desagradables o molestos, lo que puede influir positivamente en su bienestar y concentración en las actividades académicas.

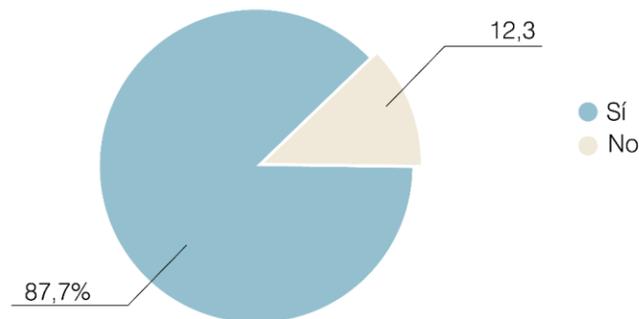
**Evaluación de Colores y Texturas en los Salones:**

Uno de los aspectos físicos y estéticos fundamentales del entorno educativo es la elección de colores, ya que ejerce una influencia considerable en la capacidad de los estudiantes para mantenerse

enfocados y participar activamente en sus actividades educativas. Esta primera pregunta (Figura 22) se centró en explorar cómo la elección de colores en las aulas repercute en el nivel de concentración y atención de los estudiantes.

**Figura 22:** Influencia de los colores en la concentración y atención

¿Considera que la elección de colores del aula influye en su nivel de concentración y atención?



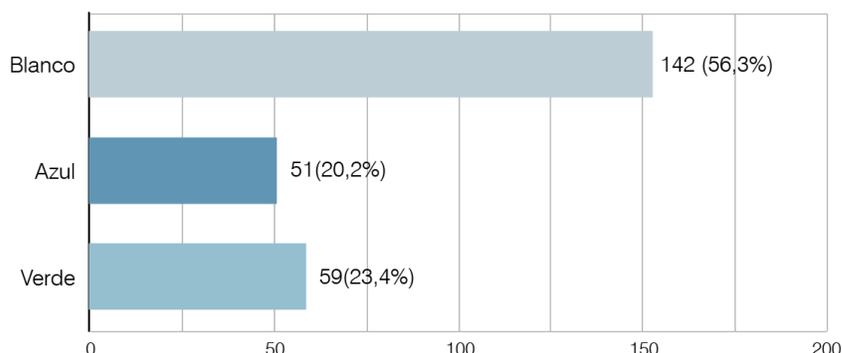
*Nota:* La representación gráfica ilustra el porcentaje de respuestas de los estudiantes respecto a cómo los colores influyen en su concentración y atención. Elaboración propia.

Un 87,7% de los encuestados afirma que la elección de colores en el aula influye en su nivel de concentración y atención, lo que resalta la importancia de considerar cuidadosamente la paleta de colores en el diseño de espacios educativos, ya que puede impactar de manera directa en la efectividad del proceso de aprendizaje.

Considerando que la selección de colores resulta fundamental en el diseño de espacios educativos, se analizó cómo las preferencias de color podrían relacionarse con la percepción de comodidad en el alumnado (Figura 23).

Figura 23: Preferencias de color y percepción de comodidad en espacios educativos

¿Con qué color o colores se sentiría cómodo/a en un aula educativa?



Nota: La figura muestra las preferencias de color que pueden influir en la percepción de comodidad en los estudiantes. Elaboración propia.

Los resultados señalan lo siguiente:

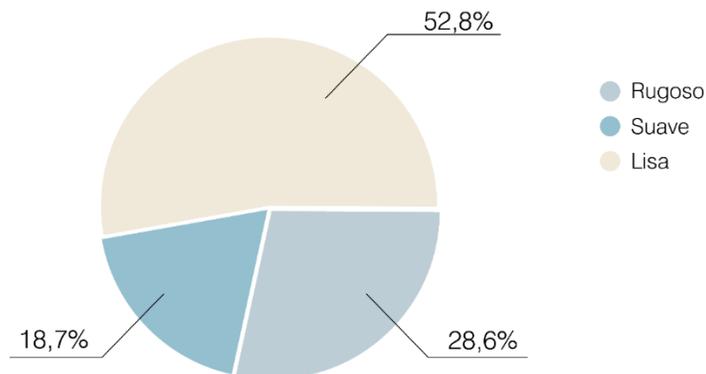
- La mayoría de los estudiantes, con un 56,3%, manifestó que sentiría comodidad con el uso del color blanco en las aulas. Esta elección puede estar relacionada con la sensación de amplitud y luminosidad que a menudo se asocia con este color.
- El 23,4% prefirió el color verde, indicando una percepción de temperatura más cálida, lo que sugiere la importancia de considerar aspectos térmicos en el diseño del ambiente.
- El 20,2% restante de los encuestados escogió el color azul como mejor opción en cuanto a sentir una sensación de comodidad, puede estar vinculado a la calma y serenidad que suele transmitir.

Estos resultados destacan la diversidad de percepciones y preferencias de los estudiantes en cuanto al uso de colores en las aulas, resaltando la necesidad de considerar una combinación adecuada de colores, teniendo en cuenta la armonía y la proporción, pueda crear un entorno educativo equilibrado que estimule la concentración y la participación, al mismo tiempo que promueva la calma y la creatividad.

Adicionalmente, se buscó comprender qué tipo de texturas los estudiantes encuentran más cómodas y agradables en su ambiente de aprendizaje (Figura 24).

**Figura 24:** Preferencia de texturas en el entorno de aprendizaje

¿Con cuáles de las siguientes texturas cree usted que se pueda sentir cómodo/a en un aula educativa?



*Nota:* La imagen representa las preferencias de los estudiantes en relación con las texturas que encuentran más cómodas y agradables en su entorno de aprendizaje. Elaboración propia.

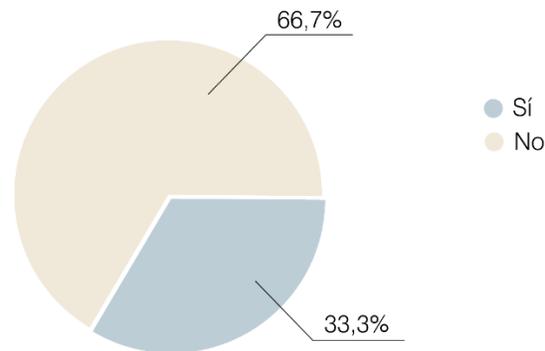
La recopilación de respuestas apunta a que la mayoría de los individuos se sentiría cómoda en un aula educativa con una textura lisa, representando el 52.8% de las preferencias. Por otro lado, un 28,6% optaría por una textura rugosa, mientras que un 18,7% preferiría una textura suave. Estas diferencias en las preferencias texturales resaltan la diversidad de necesidades y comodidades entre los estudiantes. Por ende, se recomienda considerar esta variabilidad en las texturas al diseñar entornos educativos, asegurando así la satisfacción y el bienestar de todos los alumnos.

**Evaluación del Mobiliario en los Salones:**

Para abordar este aspecto, se inició explorando la comodidad y la facilidad que brinda el mobiliario presente en las aulas (Figura 25).

**Figura 25:** Evaluación de comodidad y facilidad del mobiliario en aulas educativas

¿El mobiliario en esta aula es cómodo y facilita su capacidad para concentrarse durante las clases?



*Nota:* La gráfica ilustra la percepción de comodidad y facilidad proporcionada por el mobiliario presente en las aulas. Elaboración propia.

La mayoría de los estudiantes, con un 66.7%, expresaron que el mobiliario en las aulas no les resulta cómodo y no contribuye a su capacidad de concentración durante las clases. Estas opiniones resaltan la necesidad de considerar la calidad del mobiliario y trabajar en su mejora, centrándose en crear un entorno de aprendizaje cómodo y propicio que potencie el rendimiento y la concentración de los estudiantes.

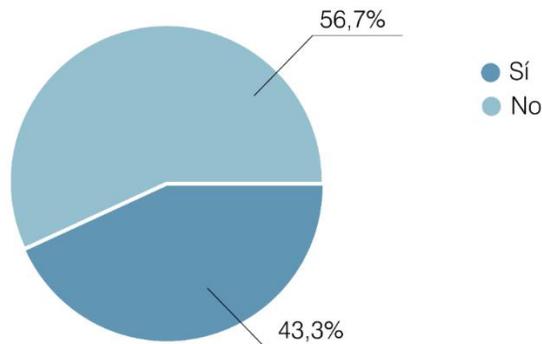
Siguiendo en esta línea, se profundizó en la valoración que los alumnos hacen del mobiliario en términos de su idoneidad para las actividades escolares (Figura 26). Se puede concluir que la mayoría de los estudiantes, un 56.7%, no percibe que el diseño del mobiliario en las aulas sea óptimo para las actividades de aprendizaje. Este hallazgo subraya una inquietud relevante con respecto al diseño del mobiliario en el contexto educativo, aspecto que debería ser considerado por las autoridades educativas y los diseñadores de espacios escolares.

Es relevante mencionar que la percepción del diseño del mobiliario en las aulas puede variar en función de las preferencias individuales y las necesidades específicas de cada estudiante. Sin embargo, la

cantidad significativa de respuestas negativas pone de manifiesto una preocupación que merece atención y acción.

**Figura 26:** Valoración del mobiliario escolar

¿Considera que el diseño de mobiliario del aula es óptimo para las actividades de aprendizaje?



*Nota:* La ilustración representa la percepción que los estudiantes tienen sobre la adecuación del mobiliario escolar para sus actividades académicas. Elaboración propia.

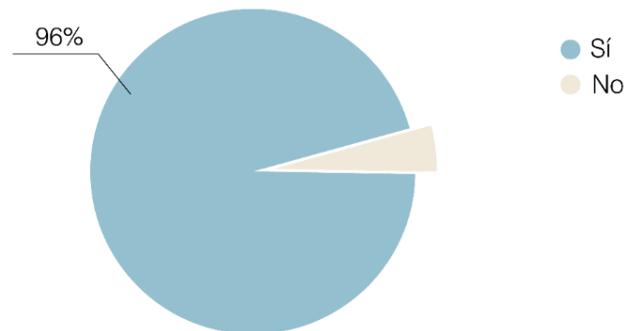
**Evaluación de la Percepción del Impacto del Diseño Arquitectónico en las Aulas:**

Para finalizar la encuesta, se investigó el grado de conciencia de los estudiantes sobre el entorno físico en el cual se desarrolla su proceso de aprendizaje, y cómo este puede influir en su forma de aprender, interactuar y retener la información (Figura 27).

Los resultados revelan que prácticamente la totalidad de los estudiantes, un 96%, considera que el diseño arquitectónico de un espacio educativo ejerce un impacto significativo en su proceso de aprendizaje y retención de información. Este descubrimiento refleja una percepción clara y destaca la importancia de crear espacios educativos que no solo cumplan su función básica, sino que también sean fuente de inspiración y fomenten un aprendizaje efectivo.

**Figura 27:** Influencia del diseño arquitectónico en la experiencia de aprendizaje estudiantil

¿Cree que el diseño arquitectónico de un espacio educativo puede tener un impacto en la forma en que los estudiantes aprenden y retienen información?



*Nota:* La representación gráfica ilustra la valoración del entorno físico en el contexto educativo, reflejando la perspectiva estudiantil sobre su relevancia. Elaboración propia.

### 3.7. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES

Basándonos en la exploración realizada a través de registros fotográficos, levantamientos 2D y 3D, así como el análisis lumínico para cada aula, procedemos a detallar las condiciones de cada salón desde una perspectiva fundamentada en los criterios de evaluación neuroarquitectónica.

- Salón C203

Primero, se considera necesario una reorganización del mobiliario debido al exceso de ocupación de espacio, garantizando así un aforo adecuado y una disposición óptima de las carpetas. Además, es esencial mejorar la iluminación, tanto natural como artificial, para crear un entorno bien iluminado y propicio para el aprendizaje. La ventilación también es un aspecto clave para asegurar un ambiente fresco y saludable. Asimismo, se debe considerar la integración de elementos vegetales para mejorar el entorno y el bienestar de los ocupantes, y abordar la falta de texturas y color en el espacio. Estas intervenciones combinadas contribuirán significativamente a crear un ambiente educativo adecuado y funcional.

- Salón D202

Se requiere abordar la carencia de aberturas, lo que conlleva a una insuficiencia de iluminación natural y ventilación, aspectos fundamentales para un entorno educativo óptimo. Además, la elección y disposición de mobiliario no ergonómico afecta la comodidad y la salud postural de los estudiantes. De igual manera, es fundamental abordar la ausencia de vegetación para mejorar la calidad ambiental, proporcionando un entorno más saludable y estimulante. La selección adecuada de una paleta de colores es igualmente crucial, puesto que los colores pueden estimular la creatividad, la calma e incluso mejorar la interacción. Por último, garantizar una visibilidad adecuada al tablero es esencial para que los estudiantes puedan seguir las lecciones y participar activamente en las actividades propuestas.

- Salón F401

Es fundamental replantear la disposición del mobiliario, especialmente las mesas, para asegurar una configuración que optimice la visibilidad hacia la pizarra y facilite la interacción en el aula, al mismo tiempo que permita una circulación fluida por el espacio. Además, mejorar tanto la iluminación natural como la artificial es crucial, teniendo en cuenta las limitadas dimensiones de las aberturas y reconociendo la relevancia de una luminaria adecuada para mantener un espacio bien iluminado y ventilado. Se debe considerar seriamente la integración de vegetación para contribuir a una mejor ventilación y control de olores en el entorno, promoviendo un ambiente más saludable y confortable.

- Salón I106

Es esencial optimizar la disposición del mobiliario, asegurando que cada estudiante cuente con el espacio individual adecuado para llevar a cabo las distintas actividades académicas. Además, se requiere una redistribución estratégica de las aberturas para garantizar una iluminación y ventilación apropiada. Igualmente, es importante verificar y ajustar la distancia y visibilidad al tablero, asegurando que todos los usuarios tengan una visión clara y cómoda para seguir la enseñanza de manera efectiva.

En adición, se puede considerar crear una combinación de colores y texturas para crear una estimulación sensorial visual que estimule y motive a la mejora del rendimiento.

Posteriormente, complementaremos esta información con la interpretación de resultados y conclusiones obtenidas de las encuestas realizadas a los 252 estudiantes que formaron parte del muestreo estratificado. Con ello, se concluye este capítulo de diagnóstico físico-espacial, presentando una tabla resumen (Tabla 12) que generaliza la identificación de necesidades para cada criterio neuroarquitectónico aplicable a cualquier espacio educativo.

**Tabla 12:** *Necesidades neuroarquitectónicas en espacios educativos*

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN
<b>Condiciones Ambientales</b>	
Iluminación Natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporar y posicionar vanos estratégicamente (ventanas, tragaluces) para aumentar la entrada de luz natural y evitar sombras excesivas.</li> </ul>
Ventilación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la presencia adecuada de ventanas o sistemas de ventilación eficientes para una buena circulación del aire.</li> <li>• Establecer una relación adecuada entre la superficie total de ventanas y el área del aula para garantizar una ventilación óptima.</li> </ul>
Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar espacios verdes o áreas con vegetación para promover un ambiente más natural y agradable.</li> <li>• Seleccionar plantas adecuadas que sean de fácil mantenimiento e hipoalergénicas.</li> </ul>
<b>Estimulación Sensorial</b>	
Iluminación Artificial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar sistemas de iluminación ajustables y adecuados que proporcionen diferentes niveles de intensidad según las necesidades.</li> <li>• Optar por iluminación que no genere sombras duras ni deslumbramiento para garantizar un ambiente visualmente cómodo.</li> </ul>
Color	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar una paleta de colores adecuada, considerando preferencias y psicología del color.</li> <li>• Emplear colores que ayuden a diferenciar zonas y áreas específicas dentro del espacio educativo.</li> </ul>
Textura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar variedad de texturas en superficies y elementos de mobiliario para estimular el sentido del tacto y crear un ambiente sensorialmente enriquecedor.</li> </ul>

Olor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener un ambiente libre de olores desagradables e introducir aromas naturales suaves que promuevan la concentración y el bienestar.</li> </ul>
<b>Distribución Espacial</b>	
Mobiliario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar mobiliario ergonómico y versátil que se ajuste a las necesidades de los estudiantes, permita diversas configuraciones y garantice una correcta circulación en el espacio.</li> </ul>
Distancia al tablero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponer el mobiliario y los asientos de manera que todos los estudiantes tengan una visibilidad adecuada al tablero y al docente.</li> </ul>
Aforo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un aforo óptimo, garantizando que haya suficiente espacio para acondicionar a todos los estudiantes de forma cómoda y segura.</li> </ul>
<b>Materialidad</b>	
Espesor de muros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar espesores adecuados que proporcionen aislamiento térmico y acústico, asegurando un ambiente interior confortable.</li> </ul>
Material constructivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elegir materiales de construcción duraderos, seguros y sostenibles que cumplan con estándares de calidad y seguridad para espacios educativos.</li> </ul>
Acabado interior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar acabados interiores que sean fáciles de mantener, limpiar y que contribuyan a una atmósfera agradable y propicia para el aprendizaje.</li> </ul>
Cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñarla con materiales resistentes y aislantes que protejan de las condiciones meteorológicas adversas y regulen la temperatura interior.</li> <li>• Asegurar que pueda drenar eficazmente el agua de lluvia y evite filtraciones, manteniendo un ambiente seco y seguro en el interior.</li> </ul>
Aislamiento acústico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar materiales que proporcionen un buen aislamiento acústico para reducir el ruido y favorecer un entorno de estudio tranquilo.</li> </ul>
Vidrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrar vidrios adecuados que maximicen la entrada de luz natural y, de ser posible, que cuenten con tratamientos para controlar la radiación solar y mejorar la eficiencia energética.</li> </ul>

---

*Nota:* La tabla refleja las necesidades identificadas en los espacios educativos mediante en enfoque neuroarquitectónico. Elaboración propia.

**CAPÍTULO 4 ESTRATEGIAS DE DISEÑO NEUROARQUITECTÓNICO APLICABLES A ESPACIOS EDUCATIVOS**

Este capítulo se centra en la formulación de estrategias de diseño neuroarquitectónico aplicables a entornos educativos, guiadas por un análisis detallado del marco normativo NTC 4595 y RETILAP, investigaciones previas relevantes en el campo de la neuroarquitectura y la caracterización de las aulas de estudio de la Universidad La Gran Colombia.

Estas estrategias se han desarrollado considerando aspectos clave como las condiciones ambientales, la estimulación sensorial, la distribución espacial y la materialidad. Asimismo, tienen por objetivo el plantear alternativas prácticas y de fácil implementación, con la posibilidad de una aplicación progresiva, en espacios ya existentes, y como línea guía para futuros proyectos en el ámbito educativo. Este enfoque busca no solo mejorar el entorno actual de aprendizaje, sino también proporcionar un marco orientador valioso para la planificación y desarrollo de instalaciones educativas más efectivas y centradas en el bienestar de sus usuarios.

**4.1. Condiciones Ambientales**

- **Iluminación Natural**

Para lograr una iluminación natural efectiva en espacios educativos, se recomienda maximizar la entrada de luz a través de aberturas estratégicas, como ventanas y claraboyas, empleando elementos disuasivos para controlar la intensidad lumínica y el calor. La orientación de las aberturas debe considerarse, ampliando el acceso al sol en direcciones favorables y utilizando dispositivos como volados o lamas en orientaciones desfavorables. La integración de ventanales y claraboyas en el diseño arquitectónico es esencial, teniendo en cuenta la distribución de la iluminación y coordinando la cantidad de luz artificial. Se debe evitar la luz directa del sol sobre áreas de trabajo y posicionar estratégicamente las aberturas para evitar sombras excesivas. Además, se sugiere considerar diferentes

tipos de iluminación natural, como cenital, tipo claustro y tipo patio, según las necesidades específicas del espacio educativo.

- **Ventilación**

Se recomienda implementar formas de ventilación sustentables, adaptadas según el contexto climático. Se sugiere emplear sistemas como el efecto chimenea, ventilación inducida, por atrio y cruzada, seleccionando el más adecuado para facilitar la circulación del aire. La elección de ventanas batientes se propone para maximizar la entrada de aire. En climas moderados, fríos y templados (con fluctuaciones de temperatura entre 5° y 22°), es crucial buscar una masa térmica significativa, siguiendo las determinantes de la norma NTC 4595 en cuanto a materiales y espesores, como arcillas y elementos macizos, que contribuyan al almacenamiento de calor durante las noches más frías. Se insta a favorecer la ventilación natural siempre que sea posible; en caso contrario, se deben emplear sistemas de ventilación mecánica con capacidad de filtrar bacterias para garantizar la salubridad del aire interior.

- **Vegetación**

Integración de plantas y vegetación mediante macetas u otros sistemas dentro del entorno, con una disposición estratégica que resalte su capacidad para enriquecer la estética y generar un impacto positivo en el ambiente educativo. Seleccionar cuidadosamente plantas que requieran mantenimiento sencillo y sean hipoalergénicas.

#### **4.2. Estimulación Sensorial**

- **Iluminación Artificial**

La iluminación artificial en las aulas demanda especial atención, considerando las diversas actividades como escritura y lectura. Se recomienda mantener una iluminación de al menos 500 lux, pudiendo variar hasta 1000lux, con regulación de flujo luminoso para proyecciones audiovisuales. La elección de colores, materiales y acabados según la tabla de reflectancia contribuirá a una adecuada

visibilidad. Para evitar deslumbramientos, se aconseja la instalación de iluminación indirecta, preferiblemente con tecnología LED por su variedad tonal y eficiencia energética. Se sugiere iluminación en entradas y salidas para favorecer la orientación del usuario.

- **Color**

Se verifica meticulosamente que los colores elegidos se alineen con los principios de la psicología del color, asegurando su idoneidad para el propósito educativo. Se sugiere considerar tonos pasteles, dando prioridad a colores específicos por sus beneficios psicológicos. El verde, asociado con tranquilidad, equilibrio y estabilidad, contribuye a organizar ideas y reduce la fatiga. El azul, conocido por aumentar la productividad, concentración y retención de información, se recomienda también. El blanco brinda una sensación de limpieza y facilita la relajación. El amarillo, al producir emociones positivas y estimular el sistema nervioso, mejora la creatividad. Por último, el naranja, al aumentar la seguridad y confianza, proporciona una sensación de mayor capacidad cognitiva y disminuye la fatiga, ofreciendo un ambiente reconfortante.

- **Textura**

La elección de materiales y texturas debe centrarse en crear ambientes confortables que aumenten la sensación de bienestar y disposición para la labor educativa. Se recomienda optar por materiales como la madera, el bambú y similares, ya sea provenientes del exterior o materiales artificiales que simulan la autenticidad natural, considerando la percepción de los ocupantes, necesidades prácticas, como limpieza, mantenimiento y el impacto medioambiental. En cuanto a las texturas, se sugiere el uso de texturas suaves, rugosas y lisas de manera independiente o en conjunto para contribuir a la creación de un entorno armonioso.

- **Olor**

Como alternativas para fomentar un ambiente propicio para el aprendizaje, se sugiere la introducción de aromas específicos: Lavanda, conocida por mejorar el rendimiento y el estado de ánimo; Romero, que contribuye a una realización más rápida de tareas mentales y mayor precisión; y Bergamota, para promover la calma, el bienestar y reducir el estrés y, la ansiedad.

#### 4.3. Distribución Espacial

- **Mobiliario**

Optar por un mobiliario ergonómico y versátil que se adapte a las necesidades de los estudiantes, permitiendo configuraciones diversas y garantizando una circulación adecuada en el espacio. Este mobiliario debe estar fabricado con materiales cómodos, resistentes y fáciles de limpiar, asegurando así durabilidad y mantenimiento sencillo. Priorizar la comodidad y promover una postura adecuada durante las actividades educativas para favorecer el bienestar y el rendimiento de los estudiantes.

- **Distancia al tablero**

Asegurar una distancia óptima al tablero entre 2 y 4 metros, verificando los ángulos de visión adecuados para la ubicación de los focos de atención. Se resalta que el ángulo en planta, medido entre el plano donde se encuentra el tablero y la línea de visión de un observador a este, no puede ser inferior a 30°. Además, debe garantizarse que la visibilidad desde cualquier puesto de trabajo, ya sea dirigida hacia una persona, una pantalla, un tablero u otro enfoque, no se vea obstruida de ninguna manera.

- **Aforo**

Establecer un aforo mínimo de 10 a 25 personas, esta restricción debe estar alineada con el área específica del aula. Además, se debe asegurar un espacio individual de al menos 1.65 metros cuadrados por estudiante. Considerar cuidadosamente las rutas de acceso, evacuación y circulación en el aula para garantizar condiciones seguras y eficientes.

#### 4.4 Materialidad

- **Espesor de muros**

Seleccionar un espesor de pared de 0.1 a 0.25 metros de acuerdo con estándares de seguridad estructural, asegurándose de que dicho espesor contribuya de manera efectiva al aislamiento térmico y acústico en el aula.

- **Material constructivo**

Como alternativas recomendadas, se propone la utilización de los siguientes materiales: bloque de hormigón, vidrio bajo emisivos, ladrillo BTC y ladrillo tolete. Estos materiales han sido seleccionados debido a que aseguran el cumplimiento de las normativas y estándares de construcción y seguridad. La elección de estos elementos busca garantizar la integridad estructural y la seguridad, al tiempo que cumplen con los requisitos establecidos para construcciones eficientes y seguras.

- **Acabado interior**

Se proponen las siguientes alternativas para generar contraste con el propósito de estética, durabilidad y calidad: pintura, madera, suelo vinílico y material constructivo a la vista. La elección de estos materiales debe garantizar durabilidad y contribuir al propósito neuroarquitectónico del aula. Asimismo, se enfatiza en la importancia de que los acabados permitan una limpieza fácil, asegurando un entorno higiénico y bien conservado con un esfuerzo mínimo de mantenimiento.

- **Cubierta**

La cubierta debe asegurar una integración armoniosa con el diseño neuroarquitectónico del aula, considerando la inclusión de tragaluces con vidrio bajo emisivo para optimizar la entrada de luz natural. Además, es fundamental garantizar que la cubierta impida el paso de filtraciones de agua u otros elementos, asegurando así un espacio seco y seguro en todo momento. Esta directriz busca no solo favorecer las condiciones lumínicas y estéticas del aula, sino también asegurar su integridad estructural y la seguridad del entorno.

- **Vidrio**

Se contempla utilizar configuraciones de vidrios tales como 4/6/4, 4/10/4, 4/12/4, 4/16/6, siendo la elección específica dependiente del nivel de aislamiento térmico requerido según la climatología, contrastando este requisito con el nivel de aislamiento acústico deseado. La elección cuidadosa de las configuraciones de vidrio busca lograr un equilibrio óptimo entre el aislamiento térmico y acústico, contribuyendo así a un entorno educativo eficiente y confortable.

- **Aislamiento acústico**

Seleccionar aislamientos duraderos y funcionales, como lana de oveja, poliuretano, celulosa y fibra de madera, con el objetivo de garantizar la reducción de la reverberación excesiva y el aislamiento del ruido externo. Estos materiales contribuyen a crear un entorno de aprendizaje con condiciones acústicas óptimas, promoviendo la concentración y el bienestar de los estudiantes.

## CAPÍTULO 5 APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS NEUROARQUITECTONICAS

Este capítulo presenta el proceso detallado de diseño e implementación de la propuesta final, con el objetivo de establecer un sólido marco para el diseño de espacios educativos que no solo promuevan el éxito de los estudiantes, sino también mejore su calidad de vida en el entorno escolar.

Inicia con la creación de una matriz morfológica que analiza cuidadosamente todas las posibles variantes de diseño, basándose en normativas, investigaciones previas y diagnósticos de aulas convencionales. Esto resulta en la identificación de 12 posibles variaciones de diseño, cada una con características únicas destinadas a enriquecer la experiencia de aprendizaje. Estas variantes se evaluarán según criterios neuroarquitectónicos predefinidos que destacarán sus atributos más sólidos y contribuirán a dar forma a la propuesta final que posteriormente se implementará con el uso de tecnología de realidad virtual.

Finalmente, se presentará la retroalimentación recopilada a través de un muestreo opinático de los estudiantes que utilizarán el aula. Estos aportes son de suma importancia para evaluar la efectividad del nuevo diseño y para identificar cualquier aspecto que pueda requerir ajustes o mejoras.

### 5.1. MATRIZ MORFOLÓGICA

Considerando la normativa, investigación y diagnóstico de las aulas caso de estudio presentados en capítulos anteriores, procedemos a aplicar la matriz morfológica como una herramienta esencial para el análisis y síntesis. Esta matriz (Tabla 13) nos permite explorar y combinar diversos elementos de diseño, con el objetivo de alcanzar doce variaciones representativas, alineadas con los criterios neuroarquitectónicos establecidos, tales como condiciones ambientales, estimulación sensorial, distribución espacial y elección de materiales. A lo largo de este proceso, nuestro propósito es identificar soluciones innovadoras y viables que respondan a las necesidades específicas de los estudiantes.

Tabla 13: Matriz morfológica para diseño de espacios educativos con un enfoque neuroarquitectónico

CRITERIOS	NORMATIVA		INVESTIGACIÓN	TRABAJO DE CAMPO
<b>Condiciones Ambientales</b>				
Iluminación Natural	%	%	%	%
Ventilación	Efecto chimenea	Inducida	Por atrio	Cruzada
Vegetación	No aplica	No aplica	%	No aplica
<b>Estimulación Sensorial</b>				
Iluminación Artificial	700lx	850lx	1000lx	500lx
Color	Blanco	Verde	Amarillo	Azul
Textura	Rugosa	Suave	Lisas	No aplica
Olor	Romero	Lavanda	Bergamota	No aplica
<b>Distribución Espacial</b>				
Mobiliario	1	2	3	4
Distancia al tablero	3mts	4mts	2.5mts	2mts
Aforo	10	15	12	25
<b>Materialidad</b>				
Espesor de muros	0.25	0.1	0.15	0.2
Material constructivo	Bloque hormigón	Vidrio bajo emisivos	Ladrillo btc	Ladrillo tolete
Acabado interior	Pintura	Madera	Suelo vinílico	Material a la vista
Cubierta	1	2	3	4
Aislamiento acústico	Lana de oveja	Poliuretano (EPS)	Celulosa	Fibra de madera
Vidrio	4/6/4	4/10/4	4/12/4	4/16/6

Nota: La tabla refleja las opciones de solución propuestas para cada criterio neuroarquitectónico, considerando la normativa, investigación y el trabajo de campo. Elaboración propia.

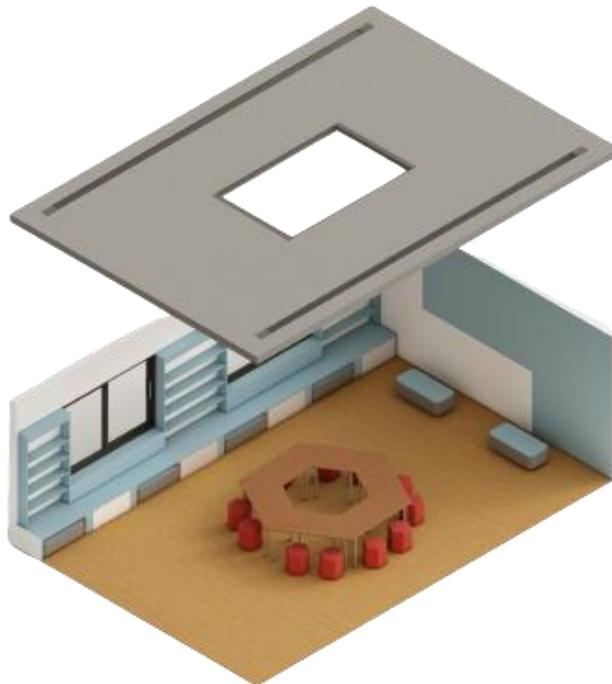
## 5.2. VARIACIONES

Se han identificado un total de 12 propuestas de diseño, a continuación, se presenta la descripción de cada una de estas en conjunto con el modelado 3D, generado con el uso de Revit y Enscape, para su posterior evaluación.

- **Variación 01**

La primera variación presenta un diseño armonioso entre paredes y mobiliario diseñados en tonos de azul. La iluminación natural se logra mediante la presencia de ventanas y un tragaluz en la cubierta plana, complementada con iluminación artificial de 700 lux. De igual manera, la ventilación se da a través de ventanas laterales. La distancia al tablero se dispuso a 3 metros, y se seleccionó el mobiliario tipo 3 para proporcionar comodidad a 12 estudiantes. En términos de materialidad, se ha optado por hormigón con un espesor de 25 cm y un acabado en pintura de textura lisa. Aunque no se ha incorporado una zona de vegetación, se ha considerado la introducción de un aroma a lavanda para mejorar la experiencia sensorial. El aislamiento acústico se ha implementado mediante poliuretano y vidrio insulado 4/16/4.

**Figura 28:** Modelo de variación 1



*Nota :* La figura representa el modelo renderizado de la variación 1. Elaboración propia.

- **Variación 02**

En la segunda variación, se ha establecido una distancia de 3 metros entre el mobiliario convencional tipo 4 y el tablero, lo que permite una visión óptima para un aforo de 10 personas. La iluminación natural se ha mejorado significativamente mediante un tragaluz central en la cubierta y ventanas de piso a techo que favorecen la entrada de luz. Para garantizar una intensidad adecuada de luminosidad, la iluminación artificial se ha elevado a 1000 lux. La ventilación cruzada se ha implementado para asegurar un ambiente fresco y confortable. El material constructivo elegido es el ladrillo tolete con un espesor de 10 cm y acabado a la vista, en combinación con el color blanco en las superficies restantes. Así mismo, se ha integrado un aislamiento acústico de celulosa y vidrio con configuración 4/6/4.

**Figura 29:** Modelo de variación 2



*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 2. Elaboración propia.

- **Variación 03**

Se priorizó la iluminación natural mediante la incorporación de dos amplios tragaluces en la cubierta, la iluminación artificial se ha ajustado a 700 lux para asegurar un ambiente bien iluminado. La ventilación se logra a través de la geometría de la cubierta y de ventanas laterales. El mobiliario y las paredes se diseñaron en tonos verdes para crear un ambiente visualmente agradable. Se ha dispuesto una distancia al tablero de 2 metros y se ha diseñado el mobiliario para acomodar a 15 personas. En cuanto a materialidad, se ha utilizado hormigón con un espesor de 20 cm y un acabado en pintura con textura lisa. Aunque no se ha propuesto una solución específica para la vegetación, se ha considerado la inclusión de un aroma a bergamota para favorecer la concentración. El aislamiento acústico se ha logrado con lana de oveja, y se ha empleado vidrio aislante con una configuración de 4/10/4.

**Figura 30:** Modelo de variación 3

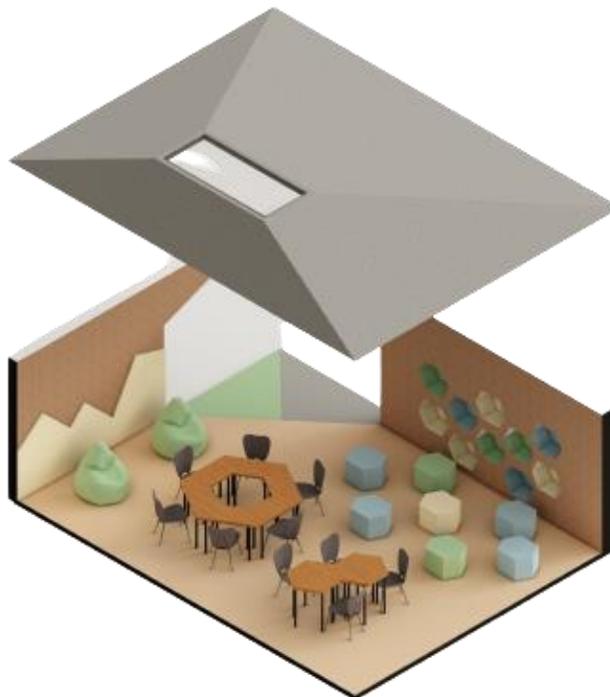


*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 3. Elaboración propia.

- **Variación 04**

Esta variación se caracteriza por la división inteligente de zonas en el espacio, creando una funcionalidad versátil en el aula de clases. Se ha introducido el agradable aroma de romero para crear un ambiente placentero. El mobiliario se ha adaptado según las diferentes zonas de trabajo, con énfasis en el tipo 3 diseñado para actividades académicas. En términos de iluminación natural, se ha logrado mediante un vano en la cubierta y una ventana amplia en la pared posterior. El aforo previsto es de 25 estudiantes, con una distancia al tablero de aproximadamente 2 metros. La materialidad se basa en ladrillo tolete de 15 cm de espesor, con aislamiento acústico y un revestimiento de textura suave en distintos tonos de amarillo. Finalmente, la configuración del vidrio se estableció en 4/6/4. Estas modificaciones buscan optimizar la funcionalidad y la versatilidad del aula, proporcionando un ambiente agradable y adaptable para una variedad de actividades educativas.

**Figura 31:** Modelo de variación 4

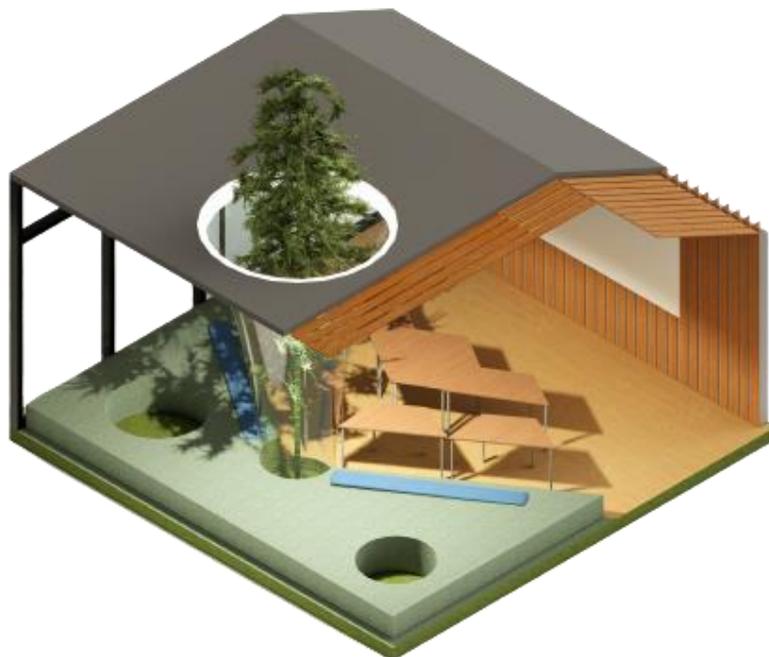


*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 4. Elaboración propia.

- **Variación 05**

En la quinta variación, se destaca la integración de un tragaluz en la cubierta como una innovadora forma de conectar el espacio con la vegetación y aprovechar al máximo la iluminación natural. Se dispuso la iluminación artificial a 850 lux, y se ha optado por paredes en color blanco, junto con un acabado interior en madera de textura lisa, lo que añade una calidad estética y sensorial única al entorno, en contraste con un estimulante aroma a lavanda. El mobiliario de tipo 3 se ha diseñado para ser adaptable a diversas configuraciones según las necesidades de las actividades, y se ha garantizado una distancia al tablero de 3 metros, con un aforo de 15 alumnos. En términos de materialidad, se ha seleccionado bloque de hormigón con un espesor de 20 cm, se ha aplicado aislamiento acústico con fibra de oveja y se ha utilizado vidrio aislado con una configuración de 4/12/4. Estas innovaciones buscan crear un ambiente más conectado con la naturaleza y altamente adaptable.

**Figura 32:** Modelo de variación 5



*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 5. Elaboración propia.

- **Variación 06**

En la sexta variación, se ha adoptado un enfoque distintivo con un acabado interior en madera para el mobiliario, las paredes y el suelo, en contraste con una pared de cristal que aporta calidez y una óptima iluminación al ambiente. El aforo ha sido establecido para 12 personas, combinando mobiliario en forma de graderías y una mesa con una geometría particular. La iluminación artificial se ha ajustado a 850 lux, mientras que las paredes se han pintado de blanco con una textura rugosa. La distancia al tablero se ha establecido a 2.5 metros. En cuanto a la materialidad, se ha optado por hormigón con un espesor de 20 cm y un aislamiento acústico logrado mediante fibra de madera. Aunque no se ha abordado una solución específica para el olor, esta variación busca crear un ambiente acogedor y bien iluminado que favorezca el aprendizaje y la comodidad de los ocupantes.

**Figura 33:** Modelo de variación 6



*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 6. Elaboración propia.

- **Variación 07**

El salón se destaca por su perímetro de cristal, que se fusiona armónicamente con un entorno circundante de vegetación, creando una atmósfera excepcionalmente agradable y estimulante. La cubierta ha sido diseñada con aberturas estratégicas para mejorar tanto la ventilación como la iluminación natural, garantizando un espacio fresco y bien iluminado. Se ha optado por una amplia mesa común con capacidad para 10 estudiantes, manteniendo una distancia de 2 metros al tablero. La iluminación artificial se ha ajustado a 500 lux, y las paredes exteriores se han revestido en blanco con una textura lisa. Se ha introducido un agradable aroma a bergamota para estimular de manera positiva los sentidos. En términos de materialidad, se ha utilizado vidrio bajo emisivos con un espesor de 25 cm debido a su configuración de 4/16/4.

**Figura 34:** Modelo de variación 7

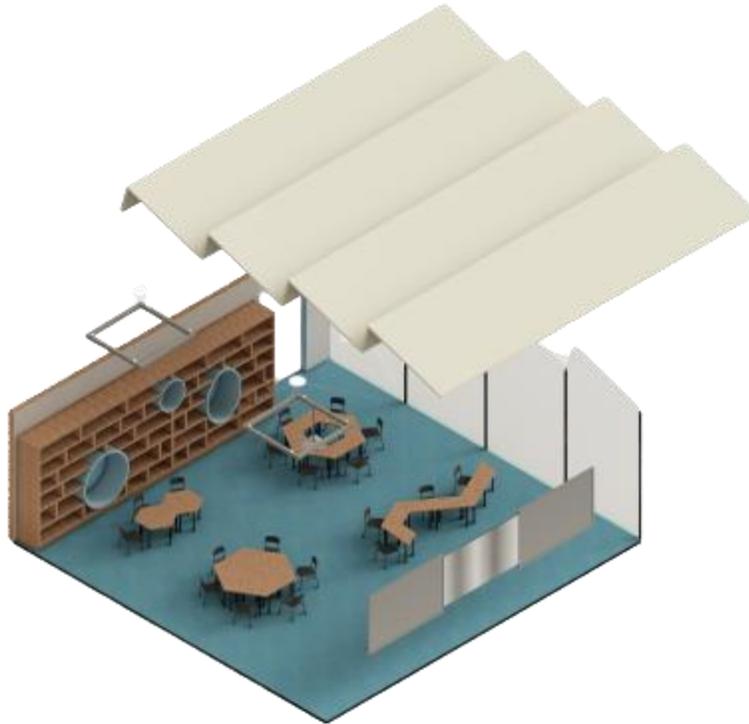


*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 7. Elaboración propia.

- **Variación 08**

La octava variación presenta un aula espaciosa con capacidad para 25 personas, destacándose por la incorporación de iluminación natural mediante la sustitución de una pared lateral por vidrio con una configuración de 4/10/4. La iluminación artificial se ha ajustado a 500 lux, y se ha elegido un agradable color azul para las paredes. La distancia al tablero se ha fijado en 2.5 metros, y el mobiliario de tipo 3 se ha seleccionado para ofrecer comodidad y versatilidad. En cuanto a la materialidad, se ha optado por ladrillo BTC con un espesor de 15 cm, con un acabado en pintura y textura lisa. Aunque no se ha incorporado una zona de vegetación, se ha considerado la inclusión de un aroma a bergamota para mejorar la experiencia sensorial. Se ha implementado aislamiento acústico mediante celulosa, y la cubierta ha sido diseñada para garantizar una ventilación adecuada.

**Figura 35:** Modelo de variación 8



*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 8. Elaboración propia.

- **Variación 09**

En la novena variación, se destaca la transformación del espacio al eliminar el uso de carpetas y reemplazarlas con 4 gradas que permiten acomodar a 25 estudiantes, garantizando una distancia al tablero ampliada a 3 metros. Se ha introducido una ventana de piso a techo para aprovechar al máximo la iluminación natural, junto con una iluminación artificial ajustada a 850 lux. Además, se ha incorporado vegetación artificial con césped y elementos de madera para crear un ambiente visualmente atractivo. Las paredes se han pintado en tonos de azul, con un acabado interior en pintura de textura lisa, y se ha añadido un agradable aroma a lavanda para aumentar el confort. En cuanto a materialidad, se ha optado por utilizar bloque de hormigón con un espesor de 20 cm, aislamiento acústico de poliuretano y vidrio insulado con una configuración de 4/10/4.

**Figura 36:** Modelo de variación 9



*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 9. Elaboración propia.

- **Variación 10**

En esta variación se destaca la integración de un patio en la parte posterior del aula, abarcando el 22.6% del área total, cumpliendo un papel crucial al proporcionar vegetación, fuentes de ventilación e iluminación natural, y al mejorar la calidad del aire mediante la inclusión de hierbas de romero. En cuanto a la iluminación, se propuso un nivel de 700 lux, junto con una elección de color amarillo en las paredes con textura lisa. El mobiliario se diseñó para adaptarse a diversas configuraciones según las actividades requeridas, y se garantizó una distancia al tablero de 2 metros y un aforo de 10 alumnos. En términos de materialidad, se optó por ladrillo BTC con un espesor de 15 cm, un acabado interior de pintura, una cubierta plana, aislamiento acústico mediante lana de oveja, y vidrio insulated con una configuración de 4/6/4.

**Figura 37:** Modelo de variación 10

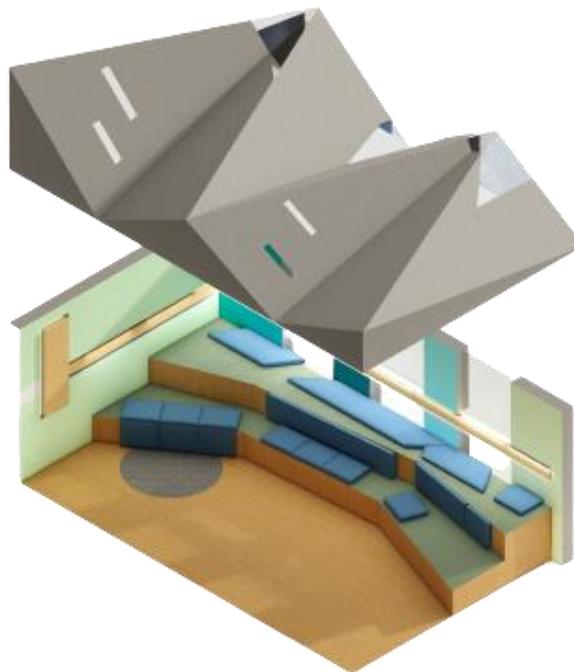


*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 10. Elaboración propia.

- **Variación 11**

En la onceava variación, se destaca la forma distintiva de la cubierta, que incorpora pequeñas aberturas estratégicas para fomentar la ventilación e iluminación natural, creando un ambiente fresco y luminoso. Se ha implementado una solución innovadora al eliminar el uso de carpetas y reemplazarlas con graderías, lo que genera un espacio integrador y espacioso. La iluminación artificial se ha mejorado significativamente, alcanzando los 1000 lux mediante lámparas y luces LED en las paredes, mientras que las paredes se han revestido en un tono verde, con un acabado interior en pintura y textura suave. Asimismo, se ha introducido un agradable aroma a bergamota, la distancia al tablero se ha aumentado a 4 metros y el aforo se ha ampliado a 15 alumnos. En términos de materialidad, se ha seleccionado bloque de hormigón con un espesor de 20 cm, aislamiento acústico mediante celulosa y vidrio insulated con una configuración de 4/12/4.

**Figura 38:** Modelo de variación 11

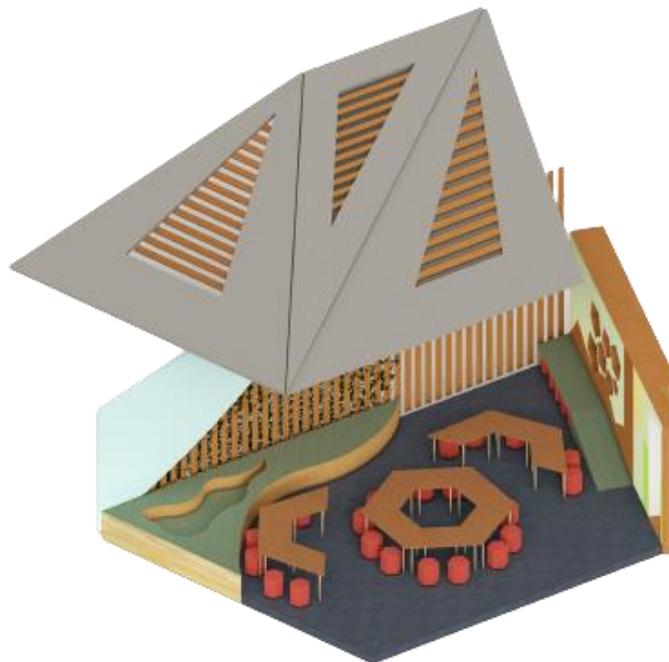


*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 11. Elaboración propia.

- **Variación 12**

En la última variación, el diseño se enfocó en la ventilación e iluminación natural, aprovechando al máximo las ventajas de una amplia celosía y varios tragaluces en la cubierta. Estos elementos permiten una circulación de aire adecuada, creando un ambiente fresco y bien ventilado en el aula. La iluminación artificial se ha ajustado a 850 lux para garantizar un ambiente bien iluminado. Tanto las paredes como el mobiliario se han revestido en tonos verdes, lo que añade un atractivo visual al entorno. La distancia al tablero es de 2 metros, y se ha dispuesto mobiliario con un aforo máximo de 25 personas. En cuanto a materialidad, se ha optado por ladrillo tolete con un espesor de 15 cm, y las superficies se han terminado en pintura verde con textura lisa. Para mejorar la experiencia sensorial, se ha incorporado una enredadera con flores de lavanda en la celosía de madera, proporcionando un ambiente agradable y estimulante. El aislamiento acústico se ha logrado mediante la utilización de fibra de madera y vidrio con una configuración de 4/12/4.

**Figura 39:** Modelo de variación 12



*Nota:* La figura representa el modelo renderizado de la variación 12. Elaboración propia.

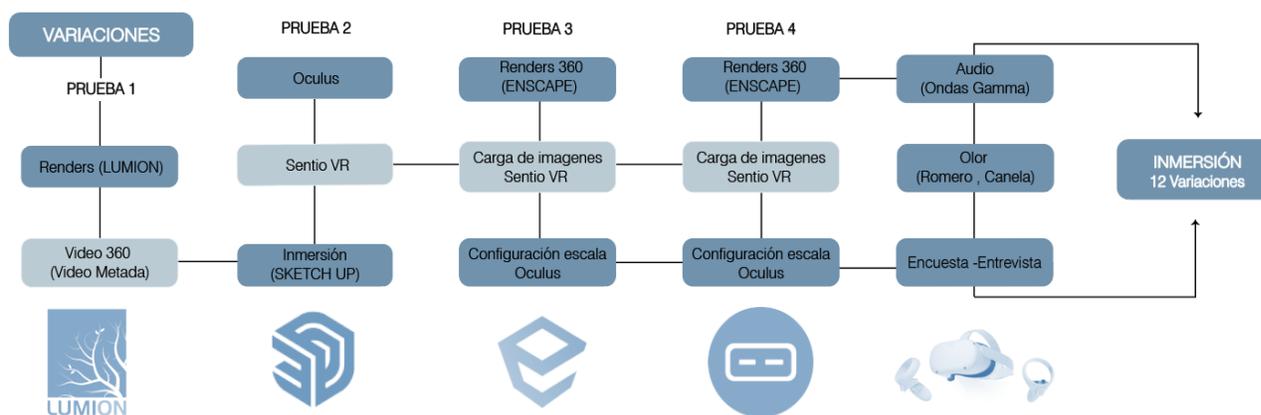
**CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN DE VARIACIONES EN REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA**

Tras la implementación, se llevó a cabo una evaluación para asegurar la correcta aplicación de las estrategias indicadas. Para este propósito, se recabó la percepción, experiencia y retroalimentación de los estudiantes participantes. Este análisis permitió no solo validar la efectividad de las estrategias, sino también identificar puntos fuertes y áreas de mejora en el diseño de los espacios educativos.

**6.1. FLUJO DE TRABAJO**

Para llevar a cabo la implementación, se estructuró el flujo de trabajo en cuatro fases (Figura 40). Este proceso inició con las 12 variaciones detalladas en el capítulo anterior. Posteriormente, se procedió con la extracción de vídeos 360 para cada variación, seguido por la carga de imágenes al equipo de Realidad Virtual Inmersiva (RVI). Además, se llevó a cabo la integración de estímulos externos, tales como sonido y olores, para enriquecer la experiencia virtual. Finalmente, se completó el proceso con la aplicación de encuestas y entrevistas a los estudiantes que participaron en esta fase experimental.

**Figura 40:** Flujo de trabajo para implementación y evaluación de variaciones en RVI



*Nota:* Elaboración propia.

**6.2. IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS PLANTEADOS EN REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA**

Después de completar la extracción y carga de las imágenes 360, se procedió a la implementación de los modelos utilizando el dispositivo Oculus VR. Un total de 23 estudiantes participaron, con un tiempo promedio de 2 minutos por cada uno. En esta fase, además del modelo visual, se incorporaron elementos

auditivos mediante el uso de ondas gamma y se introdujeron estímulos olfativos mediante aromas de romero y canela. Se solicitó a los participantes que compartieran sus percepciones del entorno, así como las sensaciones y emociones experimentadas durante la inmersión. Este enfoque integral permitió obtener una comprensión detallada de la respuesta de los participantes ante la implementación de los modelos en el entorno de Realidad Virtual Inmersiva.

**Figura 41:** *Experiencia inmersiva realizada por estudiantes*



A continuación, se exponen las imágenes 360 correspondientes a las 12 variaciones presentadas en la experiencia inmersiva. Cada una de ellas fue evaluada a través de encuestas y entrevistas realizadas tanto durante como después de la experiencia de inmersión. Este proceso de evaluación permitió recopilar percepciones detalladas y valiosas retroalimentaciones de los participantes.

Figura 42: Vista 360 de Variación 1



Figura 43: Vista 360 Variación 2



Figura 44: Vista 360 Variación 3



Figura 45: Vista 360 Variación 4



Figura 46: Vista 360 Variación 5



Figura 47: Vista 360 Variación 6



Figura 48: Vista 360 Variación 7



Figura 49: Vista 360 Variación 8



Figura 50: Vista 360 Variación 9



Figura 51: Vista 360 Variación 10



Figura 52: Vista 360 Variación 11



Figura 53: Vista 360 Variación 12



### 6.3. EVALUACIÓN DE ESCENARIOS PRESENTADOS EN REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA

Finalmente, se detalla la fase de implementación de las 12 variaciones previamente presentadas, utilizando el software Enscape y el equipo Oculus VR. Se tuvo por objetivo realizar una inmersión profunda en espacios educativos virtuales multisensoriales diseñados a partir de las estrategias neuroarquitectónicas formuladas. En el transcurso de la presente investigación se llevó a cabo una encuesta y entrevistas dirigidas a un grupo de 23 estudiantes pertenecientes a la Universidad La Gran Colombia con el objetivo de evaluar la percepción de los criterios neuroarquitectónicos implementados en los escenarios presentados en RVI.

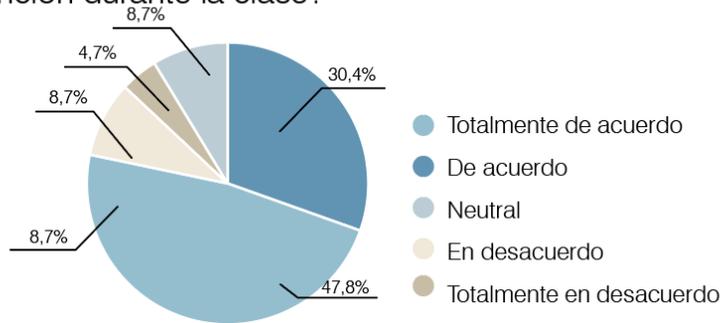
La encuesta consistió en ocho preguntas formuladas para explorar la opinión de los estudiantes acerca de diversos aspectos de los entornos inmersivos. Estos aspectos incluyeron la distribución del espacio, la iluminación, la disposición del mobiliario, los colores y otros elementos relevantes desde la perspectiva de la neuroarquitectura. Las respuestas obtenidas fueron analizadas inicialmente para obtener una visión general de las variaciones presentadas. Posteriormente, se detallarán las respuestas recopiladas por escenario, lo que facilitará la formulación de conclusiones específicas para cada caso.

#### **Mobiliario**

La primera pregunta planteada buscó evaluar la percepción de los estudiantes sobre la disposición del mobiliario en el aula, aspecto que influye directamente en el nivel de atención durante las clases.

Figura 54: Percepción sobre la distribución del mobiliario

1.¿La disposición del mobiliario en el aula permite una visualización clara del tablero o pantalla, facilitando así la atención durante la clase?



Nota: La gráfica ilustra la valoración de la disposición del mobiliario en el contexto educativo. Elaboración propia.

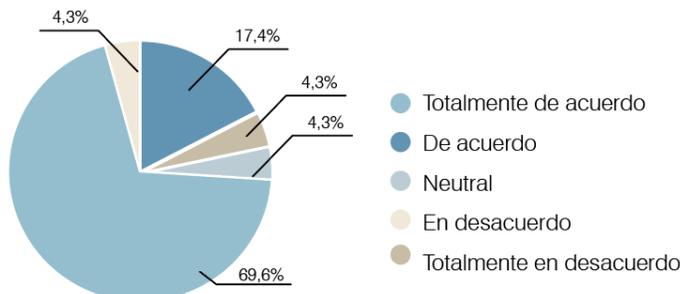
Los resultados revelan que una significativa mayoría, un 78.2% entre las categorías "totalmente de acuerdo" y "de acuerdo", percibe que la disposición actual del mobiliario en el aula permite una visualización clara del tablero o pantalla, facilitando la atención durante la clase. Este hallazgo sugiere que la mayoría de los estudiantes se sienten satisfechos con la organización del espacio en términos de visibilidad, lo que puede tener implicaciones positivas en su participación y comprensión de los contenidos.

No obstante, es notable que un 13.4% de los encuestados se posiciona en las categorías "neutral" y "en desacuerdo". Este grupo representa una oportunidad para explorar a fondo las razones detrás de su percepción, identificar posibles problemas en la disposición del mobiliario y buscar soluciones que mejoren la experiencia de aprendizaje.

La segunda pregunta se centra en evaluar la percepción de los estudiantes con respecto a la capacidad de la disposición del mobiliario en el aula para facilitar estas interacciones durante las clases.

Figura 55: Percepción sobre la disposición del mobiliario para favorecer interacción social

2.¿La disposición del mobiliario en el aula facilita una interacción fluida y una comunicación efectiva entre los estudiantes durante las clases?



Nota: La gráfica ilustra la valoración de los estudiantes sobre la disposición del mobiliario en el aula en términos de facilidades percibidas para una interacción fluida. Elaboración propia.

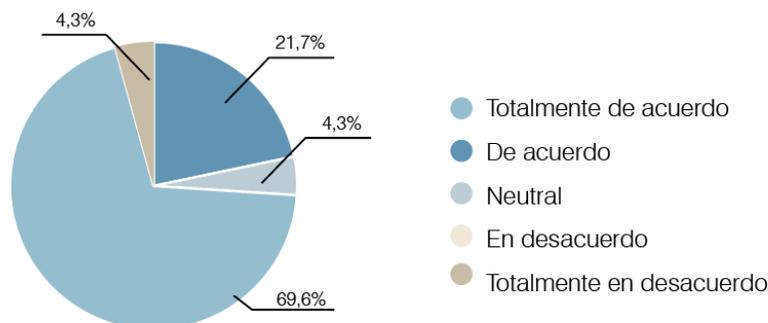
Los resultados destacan una tendencia positiva, con un 87% de los encuestados expresando estar "totalmente de acuerdo" o "de acuerdo" en que la disposición del mobiliario en el aula facilita una interacción fluida y una comunicación efectiva entre los estudiantes durante las clases.

Sin embargo, la presencia de un 8.6% de respuestas distribuidas entre las categorías "neutral", "totalmente en desacuerdo" y "en desacuerdo" señala la existencia de una proporción minoritaria de estudiantes con percepciones menos positivas.

La tercera pregunta de la encuesta se centra en la percepción de los estudiantes sobre la capacidad de la disposición del mobiliario en el aula para ofrecer configuraciones flexibles que se ajusten a diferentes modalidades de trabajo.

Figura 56: Percepción sobre las opciones de configuración del mobiliario

3.¿La disposición del mobiliario en el aula permite diferentes configuraciones para actividades grupales o individuales?



Nota: La representación gráfica refleja la valoración dada a la ergonomía y versatilidad del mobiliario. Elaboración propia.

Los resultados revelan que el 91.3% de los encuestados se encuentra en las categorías "totalmente de acuerdo" o "de acuerdo" en que la disposición del mobiliario permite diferentes configuraciones para actividades grupales o individuales. Este alto porcentaje sugiere que la mayoría de los estudiantes percibe que el diseño del aula ofrece flexibilidad y adaptabilidad para apoyar tanto el trabajo individual como las actividades en grupo.

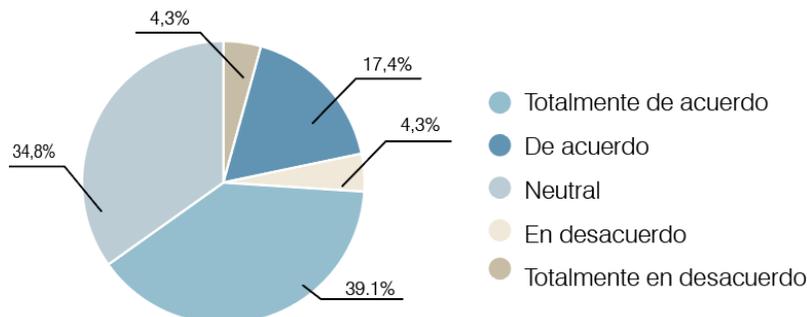
La presencia de un 8.6% de respuestas distribuidas entre las categorías y "totalmente en desacuerdo" indica que hay un pequeño porcentaje de estudiantes cuya percepción difiere. Sería beneficioso explorar más a fondo las razones detrás de estas respuestas para comprender si las expectativas de estos estudiantes no se cumplen en términos de flexibilidad en la disposición del mobiliario o si hay otros factores que inciden en su evaluación.

**Materialidad**

La cuarta pregunta de la encuesta se enfoca en la percepción de los estudiantes sobre cómo los materiales y acabados contribuyen a mejorar la concentración y el enfoque visual durante las actividades educativas.

Figura 57: Percepción sobre la materialidad del aula

4. ¿Considera que los materiales y acabados utilizados en las paredes y el tablero contribuyen a mejorar la concentración y el enfoque visual durante las actividades educativas?



Nota: La representación gráfica ilustra cómo los materiales y acabados influyen en la percepción y concentración de los estudiantes durante las actividades educativas. Elaboración propia.

Los resultados muestran una distribución variada de respuestas, con un 56.5% de los encuestados ubicados en las categorías "totalmente de acuerdo" y "de acuerdo", lo que indica que más de la mitad de los estudiantes percibe que los materiales y acabados seleccionados contribuyen positivamente a su concentración y enfoque visual. Un 34.8% de respuestas neutrales sugiere que hay un segmento significativo de estudiantes que no tiene una opinión clara o definitiva sobre este aspecto. Esto podría indicar la necesidad de explorar más a fondo las preferencias y expectativas de este grupo en relación con los materiales y acabados utilizados en el entorno educativo.

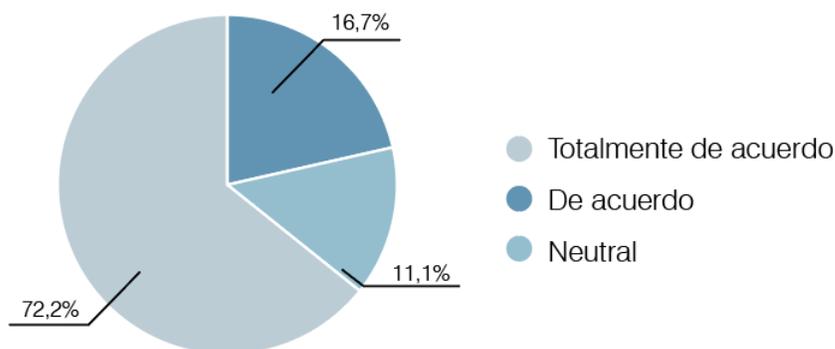
La presencia de respuestas en las categorías "totalmente en desacuerdo" y "en desacuerdo" (8.6% en total) destaca una minoría que no percibe beneficios significativos en términos de concentración y enfoque visual debido a los materiales y acabados actuales.

### Iluminación artificial

La quinta pregunta de la encuesta se centra en la percepción de los estudiantes sobre si la iluminación artificial en el aula es adecuada, evitando deslumbramientos y sombras molestas que puedan afectar su experiencia de aprendizaje.

Figura 58: Percepción sobre la iluminación artificial

5.¿La iluminación artificial en el aula es adecuada, evitando deslumbramientos y sombras molestas que puedan afectar su experiencia de aprendizaje?



Nota: La representación gráfica refleja la valoración de la distribución de la iluminación artificial. Elaboración propia.

Los resultados indican una evaluación positiva por parte de la mayoría de los encuestados, ya que el 88.9% se encuentra en las categorías "totalmente de acuerdo" y "de acuerdo". Esto sugiere que la mayoría de los estudiantes percibe que la iluminación artificial en sus aulas está bien ajustada, proporcionando un nivel adecuado de luminosidad y evitando problemas como deslumbramientos y sombras molestas.

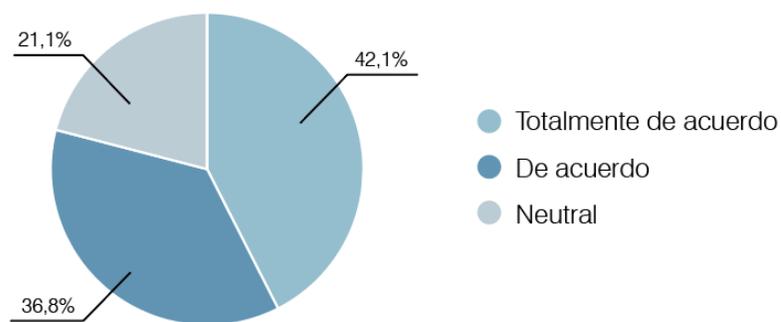
La presencia de un 11.1% de respuestas neutrales indica que un segmento minoritario de estudiantes no tiene una opinión clara o definitiva sobre la calidad de la iluminación artificial. Podría ser valioso explorar más a fondo las experiencias específicas o las expectativas de este grupo para identificar posibles áreas de mejora o ajuste en términos de iluminación.

**Iluminación natural**

La sexta pregunta de la encuesta se enfoca en la percepción de los estudiantes sobre cómo la iluminación natural se integra en el aula, evaluando si esta integración se logra de manera efectiva sin crear distracciones visuales durante las clases.

Figura 59: Percepción sobre la iluminación natural

6. ¿La iluminación natural se integra de manera efectiva en el aula sin crear distracciones visuales durante las clases?



Nota: La representación gráfica ilustra la valoración de los estudiantes hacia la integración de la iluminación natural en el aula. Elaboración propia.

Los resultados revelan una diversidad de opiniones entre los encuestados. Un 78.9% de los estudiantes se encuentra en las categorías "totalmente de acuerdo" y "de acuerdo", indicando que la mayoría percibe una integración efectiva de la iluminación natural sin generar distracciones visuales durante las clases. Esto sugiere que, en general, la disposición de las fuentes de luz natural en el aula está bien equilibrada para no interferir con las actividades educativas.

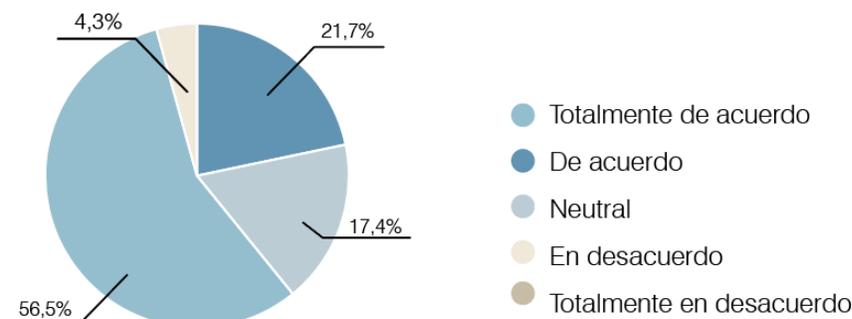
No obstante, la presencia de un 21.1% de respuestas neutrales sugiere que un segmento significativo de estudiantes no tiene una opinión clara sobre la efectividad de la integración de la iluminación natural. Este grupo podría proporcionar información valiosa si se indaga más en sus experiencias y percepciones específicas sobre la iluminación natural en el aula.

**Aforo**

La séptima pregunta de la encuesta se centra en si la capacidad del aula genera o no una sensación de aglomeración o falta de espacio durante las actividades educativas.

Figura 60: Percepción sobre la capacidad de aforo

7.La capacidad del aula no genera sensación de aglomeración o falta de espacio durante las actividades educativas.



Nota: La representación gráfica ilustra la percepción de la limitación de aforo y área del salón respectivo. Elaboración propia.

Los resultados revelan que una parte significativa de los estudiantes, el 78.2% entre las categorías "totalmente de acuerdo" y "de acuerdo", siente que la capacidad del aula no genera una sensación de aglomeración o falta de espacio. Esta respuesta positiva sugiere que la mayoría de los encuestados se siente cómoda con la capacidad del aula, lo que puede contribuir a un ambiente más relajado y propicio para el aprendizaje.

La presencia de un 17.4% de respuestas neutrales indica que un segmento minoritario de estudiantes podría no tener una percepción clara sobre la capacidad del aula y su impacto en la sensación de espacio. Sería valioso indagar más a fondo para comprender las experiencias específicas de este grupo y determinar si hay aspectos específicos del diseño del aula que podrían mejorar la percepción del espacio.

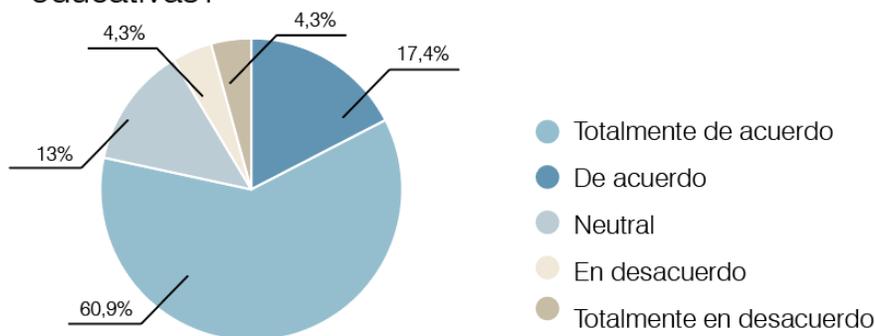
Un pequeño porcentaje (4.3%) expresó estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con la afirmación.

**Acústica**

La octava pregunta de la encuesta se centra en si los estudiantes consideran que los sonidos experimentados favorecen un estado de calma y concentración durante las actividades educativas.

**Figura 61:** Percepción sobre la acústica del aula

**8. ¿Considera que los sonidos experimentados favorecen un estado de calma y concentración para las actividades educativas?**



*Nota:* La representación gráfica ilustra la valoración estudiantil de los sonidos experimentados y las sensaciones que percibieron. Elaboración propia.

Los resultados revelan que un considerable 78.3% de los estudiantes, combinando las categorías "totalmente de acuerdo" y "de acuerdo", perciben que los sonidos en el aula contribuyen a un estado de calma y concentración durante las actividades educativas. Esta respuesta positiva sugiere que la mayoría de los encuestados encuentra que el entorno sonoro es propicio para la concentración, lo cual es esencial para un aprendizaje efectivo. Un 13% de respuestas neutrales indican que un segmento minoritario de estudiantes podría no tener una percepción clara sobre el impacto de los sonidos en su estado emocional y de concentración. Sería valioso explorar más a fondo las experiencias específicas de este grupo para identificar cualquier fuente potencial de distracción o malestar sonoro en el entorno educativo.

El 8.7% de respuestas combinadas en las categorías "totalmente en desacuerdo" y "en desacuerdo" señala que un pequeño porcentaje de estudiantes experimenta que los sonidos en el aula no contribuyen positivamente a un estado de calma y concentración.

Para obtener una visión más completa de las variaciones presentadas, se realizaron entrevistas durante cada inmersión para las tres preguntas abiertas. Estas preguntas fueron formuladas con el objetivo de alcanzar una comprensión profunda y detallada de las experiencias y opiniones de los participantes.

**9. ¿Cómo describirías las sensaciones que experimentas cuando percibes el aroma del romero?**

**10. ¿Cómo cree que la inclusión de elementos naturales impacta en su bienestar durante la clase?**

**11. En términos generales, ¿cómo describirías tu experiencia durante la actividad realizada?**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos agrupados en categorías para facilitar la descripción e interpretación de las opiniones recogidas:

### **Respuestas Positivas**

El 85% de los participantes expresó respuestas positivas, destacando sensaciones de calma, tranquilidad y concentración asociadas con la presencia de elementos naturales, aromas agradables y entornos visuales cuidadosamente diseñados.

### **Sensaciones Asociadas**

Las sensaciones dominantes fueron de calma, tranquilidad y confort. La presencia de elementos naturales, como los aromas de romero y canela, contribuyó significativamente a crear un ambiente propicio para el bienestar y la concentración.

### **Impacto en el Bienestar**

El 85% de los participantes percibió un impacto altamente positivo en su bienestar general. La generación de paz y confort, así como la eliminación del estrés, fueron consistentes en las respuestas, destacando la efectividad de las estrategias neuroarquitectónicas.

### **Experiencia Visual Agradable y Estimulante**

Los participantes elogiaron la experiencia visual, destacando colores agradables, iluminación artificial fresca y elementos visuales como techos de madera y texturas interesantes. Estos aspectos contribuyeron a la creación de un entorno estimulante y placentero.

### **Interacción con el Espacio**

La interactividad fue mencionada positivamente por distintos participantes como un elemento que hace que el entorno sea más agradable. La sugerencia de tener espacios educativos diferenciados destaca la importancia de considerar la diversidad de actividades en un entorno de aprendizaje.

### **Sugerencias de Mejora Consideradas**

Las sugerencias para limitar la vegetación y ajustar la disposición del mobiliario resaltan la necesidad de adaptar los entornos neuroarquitectónicos para satisfacer las preferencias individuales y maximizar la concentración de los estudiantes.

Por último, se presentan los resultados de las encuestas y entrevistas para cada uno de los 12 escenarios de inmersión (Tabla 14), se prestó atención en resaltar las descripciones que los estudiantes brindaron sobre su experiencia y opinión de acuerdo a las preguntas realizadas.

Tabla 14: Datos obtenidos de los instrumentos de evaluación

ESC.	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11			
Esc. 1	3	4	5	5	3	4		3	Calma	Concentración	Distracción	Integración	Concentración	Disposición
Esc. 1	3	3	5	5	3	4	4	5	Desagrado	N/A	Calma	N/A	Agradable	N/A
Esc. 2	4	4	5	5	3	5	5	5	Abrumado	N/A	N/A	N/A	Concentración	N/A
Esc. 2	5	5	5	5	5	5		3	Tranquilidad	Disposición	Natural	Agradable	Disposición	Agradable
Esc. 3	4	5	5	5	5	5	5	5	Agradable	Paz	Concentración	Disminuye estrés	Comodidad	Tranquilidad
Esc. 3	5	5	5	5	5		4	5	Tranquilidad	Limpieza	Tranquilidad	Disminuye estrés	Comodidad	Chévere
Esc. 4	4	4	5	5	4	5		5	Agradable	Tranquilidad	N/A	N/A	Concentración	Chévere
Esc. 5	4	4	4	5	3		5	3	Tranquilidad	Armonía	Natural	Agradable	Comodidad	Disposición
Esc. 5	5	5	5	4	3		4	5	Calma	N/A	Confort	N/A	Distracción	Agradable
Esc. 6	4	4	4	5	5	5		4	Tranquilidad	N/A	Calma	N/A	Concentración	Disposición
Esc. 7	5	5	5	5	2	5	5	5	Limpieza	Tranquilidad	Paz	Disminuye estrés	Interesante	Diferente
Esc. 7	5	5	5	5	5		3	5	Tranquilidad	Natural	Tranquilidad	Concentración	Distracción	N/A
Esc. 7	4	5	5	4	5		5	3	Acogedor	Tranquilidad	Agradable	Tranquilidad	Concentración	Tranquilidad
Esc. 8	4	5	5	5	5	4		5	Acogedor	tranquilidad	Positivo	Agradable	Tranquilidad	Comodidad
Esc. 8	4	5	4	5	5	5		5	Calma	Tranquilidad	Libertad	N/A	Comodidad	N/A
Esc. 9	5	5	5	3	4		3	5	Tranquilidad	N/A	Natural	Concentración	Disposición	Comodidad
Esc. 9	4	4	3	5	3	5	4	5	Desagrado	Incomodidad	Estabilidad	Confort	Disposición	N/A
Esc. 10	4	4	4	5	3		3	5	Tranquilidad	Paz	Concentración	Comodidad	Paz	Disposición
Esc. 11	5	5	5	4	5		5	4	Tranquilidad	Paz	Tranquilidad	Aire fresco	Comodidad	Agradable
Esc. 11	5	5	5	4	4	5		4	Calma	Comodidad	Distracción	N/A	Comodidad	Concentración
Esc. 12	5	5	5	5	4	5		4	Desagrado	N/A	Calma	Natural	Comodidad	N/A
Esc. 12	2	2	5	4	3		5	5	Tranquilidad	N/A	Agradable	Libertad	Tranquilidad	Concentración

Nota: La tabla refleja una puntuación numérica para las preguntas 1-8, simbolizando 5: "Totalmente de acuerdo", 4: "De acuerdo", 3: "Neutral", 2: "En desacuerdo" y 1: "Totalmente en desacuerdo". Para las preguntas 9-11 se tiene una valoración cualitativa. Elaboración propia.

Los análisis y conclusiones para cada variación se presentan a continuación:

- Se observa que el Escenario No. 1 presenta un espacio que podría resultar distractor para algunos estudiantes. Aunque la tonalidad azul en las paredes puede inducir una sensación de calma y comodidad en algunos, la combinación de olores, como la canela, junto con la

iluminación, puede generar percepciones de incomodidad o deslumbramiento en ciertos individuos.

- En el Escenario No. 2, la repetición constante de términos como "tranquilidad" en las descripciones sugiere que se trata de un espacio óptimo. Este ambiente cuenta con iluminación artificial adecuada, diseñada para generar sensaciones de comodidad en los estudiantes. Además, transmite una sensación de disposición que contribuye de manera significativa a la creación de un espacio propicio para el desarrollo académico de los estudiantes de la Universidad La Gran Colombia.

- Se destaca que el entorno identificado como Escenario No. 3 ofrece a los estudiantes de la Universidad La Gran Colombia un ambiente propicio para experimentar calma, tranquilidad y concentración. Este espacio está diseñado con mobiliario que facilita la interacción armoniosa con el entorno, además de contar con una iluminación tanto artificial como natural que se integra de manera efectiva en el aula. Esta combinación de elementos contribuye significativamente a la reducción del estrés en los estudiantes.

- Se destaca que el Escenario 4 se presenta como un espacio versátil que inspira en los estudiantes sensaciones de comodidad y tranquilidad. Además, funciona de manera óptima para aquellos estudiantes que enfrentan dificultades para concentrarse, dado que limita la visual directa con el entorno. Este espacio resulta agradable para los estudiantes de la Universidad La Gran Colombia.

- Para el Aula 05 Los datos indican que el entorno educativo que promueva la tranquilidad, armonía y comodidad puede generar una disposición positiva en los estudiantes. La calma y el confort parecen ser factores importantes para minimizar las distracciones y crear

un ambiente agradable que favorezca el aprendizaje. La mención de "irradiancia" sugiere una influencia en la atmósfera general del entorno educativo.

- La evaluación del escenario No. 6 sugiere que los participantes valoran aspectos relacionados con la tranquilidad, calma, concentración y disposición. Estas respuestas indican la importancia de un entorno propicio para el enfoque y la disposición positiva hacia el aprendizaje. En resumen, el escenario parece estar alineado con las expectativas de los participantes.
  
- El escenario educativo No 7 caracterizado por la limpieza, la tranquilidad y la paz puede tener un impacto positivo en la disminución del estrés, la concentración y la sensación general de bienestar de los estudiantes. La atmósfera acogedora y natural también se destaca como un elemento importante para contrarrestar distracciones y fomentar un ambiente propicio para el aprendizaje.
  
- La evaluación de este escenario educativo No. 8 refleja una experiencia generalmente positiva y cómoda para los participantes. Las menciones de términos como "acogedor", "tranquilidad", "positivo", "a gusto" y "comodidad" indican que el entorno es percibido como amigable y reconfortante. La presencia de "libertad" sugiere un ambiente que permite a los individuos desenvolverse con flexibilidad. En conjunto, los datos sugieren que el escenario educativo actual ofrece un ambiente propicio para el bienestar y la comodidad de los participantes.
  
- El escenario educativo No. 9 destaca la importancia de maximizar la presencia de elementos naturales para promover la concentración. La disposición del espacio debe favorecer la comodidad y la estabilidad, evitando cualquier factor de incomodidad que pueda generar

distracción. En última instancia, la búsqueda de un equilibrio entre comodidad y concentración es esencial para crear un entorno educativo efectivo.

- La evaluación del escenario No. 10 revela consistentemente la importancia atribuida a la tranquilidad, paz y concentración por parte de los participantes. La repetición de términos como "tranquilidad" y "paz" sugiere un deseo general de un entorno sereno y armonioso. Aunque en la encuesta tipo escala es la variación con menor puntuación tiene comentarios que lo evalúan como un entorno positivo.

- La evaluación de este escenario educativo sugiere una preferencia general por elementos que promueven la tranquilidad, comodidad y concentración. La mención de términos como "paz", "aire fresco" y "agradable" indica un entorno sereno y agradable. Sin embargo, la presencia de "distracción" señala un aspecto a considerar para mejorar, lo anterior, referente a las visuales externas. En resumen, El Aula No. 11 destaca la importancia de crear un ambiente educativo que fomente la calma, la comodidad y minimice posibles distracciones para optimizar la concentración y el bienestar de los estudiantes.

- La evaluación del escenario No 12 educativo revela una variedad de respuestas emocionales y percepciones por parte de los participantes. La presencia de términos como "desagrado" y "concentración" sugiere que algunos aspectos podrían no estar completamente alineados con las preferencias o necesidades de los estudiantes. Por otro lado, la presencia de palabras como "calma", "tranquilidad" y "a gusto" indica que hay elementos en el entorno educativo que generan una sensación positiva y placentera. La importancia de la "libertad" y la "comodidad" sugiere un deseo de flexibilidad y bienestar físico en el entorno de aprendizaje. En general, la evaluación destaca la necesidad de considerar y abordar las diversas dimensiones

emocionales y de confort para crear un entorno educativo más equilibrado y propicio para el aprendizaje.

Estas conclusiones subrayan la efectividad de las estrategias neuroarquitectónicas en generar experiencias educativas virtuales más agradables, estimulantes y propicias para el bienestar y la concentración de los estudiantes. Los resultados positivos resaltan la viabilidad y la relevancia de la implementación de estas estrategias en entornos educativos virtuales.

## CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo e implementación de estrategias neuroarquitectónicas en espacios educativos multisensoriales ha dejado en claro su impacto positivo, con un notable 85% de los estudiantes expresando una mejora significativa en su experiencia de aprendizaje y bienestar emocional. Los estímulos multisensoriales, como aromas y sonidos, han demostrado ser especialmente efectivos, generando sensaciones positivas en el 90% de los participantes, quienes manifestaron sentir tranquilidad, creatividad y promoción del aprendizaje.

En general, la evaluación del entorno educativo revela una satisfacción generalizada entre los estudiantes. La disposición del mobiliario cuenta con la aprobación del 78.2%, mientras que la interacción y flexibilidad de configuraciones son bien recibidas por el 87% y el 91.3%, respectivamente. En cuanto a materiales y acabados, el 56.5% percibe beneficios, y la iluminación artificial es adecuada para el 88.9%. La integración de la iluminación natural es efectiva según el 78.9%. Aunque la mayoría no siente aglomeración (78.2%) y experimenta una influencia positiva de la acústica (78.3%), hay segmentos minoritarios con opiniones menos definidas o positivas en algunos aspectos.

Asimismo, se confirma que las estrategias neuroarquitectónicas propuestas y aplicadas en este estudio son facilitadoras para los arquitectos en el diseño de espacios educativos, siendo percibidas como herramientas valiosas por el 80% de los estudiantes. Estos resultados respaldan de manera concluyente la eficacia y relevancia de la neuroarquitectura para enriquecer la experiencia educativa.

En cuanto a aspectos por mejorar, se identifica la necesidad de una mayor flexibilidad en la personalización de los entornos, ya que el 15% expresó preferencias individuales distintas. Se recomienda una exploración más profunda de estrategias para abordar estas variabilidades, junto con la implementación de encuestas de seguimiento a largo plazo para evaluar la sostenibilidad de los impactos observados.

LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA

Acosta Guacaneme, S. (2011). La sinestesia en las Termas de Piedra. *Revista de Arquitectura*, 13, 38-45.

Ahmed Ezzat, D., Kamel, S., & Khodeir, L. (2021). Exploring the contribution of Neuroarchitecture in learning environments design «A review». *Italian Egyptian Publishing*, 4, 67-94.

Azzazy, S., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., & Doborjeh, Z. (2020). A critical review on the impact of built environment on users' measured brain activity. 64, 319-335.

<https://doi.org/10.1080/00038628.2020.1749980>

*Banco Interamericano de Desarrollo*. (2017).

5\_Multiniveles\_Colegio\_Anglo\_Colombiano\_Eureka\_Centre.pdf (iadb.org)

*Banco Interamericano de Desarrollo*. (2015). <https://escuelassigloxxi.iadb.org/escuela/colombia/colegio-anglo-colombiano-primaria>

Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118-133.

Benjamin Zapico. (2022). Centro de Formación Gestalt 2201ML. *ArchDaily*. Centro de formación gestalt / 2201ML / Terrario Arquitectura | ArchDaily en Español.

Blanco, C. (2014). *HISTORIA DE LA NEUROCIENCIA El conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar*. Biblioteca Nueva, S. L.

<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/8041/Libroneurocienciaresumen.pdf?sequence=1>

Borrazás, P. (2003). *ARQUEOLOGÍA DE LA ARQUITECTURA*. 2, 177-183.

- Cámpora, M., & Puppo, M. L. (2019). *Dinámicas del espacio Reflexiones desde América Latina* (1a edición especial). Educa. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/9060/1/dinamicas-espacio-reflexiones-america.pdf>
- Castilla Cabanes, N. (2015). *LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN LOS ESPACIOS DOCENTES* [Universitat politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54109/Castilla%20-%20LA%20ILUMINACI%C3%93N%20ARTIFICIAL%20EN%20LOS%20ESPACIOS%20DOCENTES.pdf?sequence=1>
- Corbusier, L. (1977). *Vers une architecture*. Ediciones Apóstrofe, S.L.
- De Yong, A. S., Rachmawati, B. M., & Prijotomo, C. J. (2014, febrero). *The Meaning of Panopticism in Architecture Deterministic*.
- Eberhard, J. P. (2009). *Aplicando la Neurociencia a la Arquitectura*. 62(6), 753-756.
- Edelstein, E. A. (2008). Building Health. *HERD : Health Environments Research & Design Journal*, 1, 54-59.
- Epstein, R., Harris, A., Stanley, D., & Kanwisher, N. (1999). The Parahippocampal Place Area: Recognition, Navigation, or Encoding? *Neuron*, 23, 115-125.
- Foucault, M. (1975). *VIGILAR Y CASTIGAR Nacimiento de la prisión*. Siglo veintiuno editores Argentina s. a. <https://www.ivanillich.org.mx/Foucault-Castigar.pdf>
- Gazzaniga, M. (2008). *La ley y la neurociencia*. 60(3), 412-415.
- Goldhagen, S. W. (2017). *Welcome to Your World How the Built Environment Shapes Our Lives* (HarperCollins Publishers).
- Guillermo, R. (2022). La teoría de la experiencia de John Dewey. *foro de educación*, 11. <http://dx.doi.org/10.14516/fde.2013.011.015.005>

- Gutiérrez, L. (2018). NEUROARQUITECTURA, CREATIVIDAD Y APRENDIZAJE EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO. *PAIDEIA XXI*, 6(7), 171-189.
- Herrera Cardozo, J. (2019). *¿Que es el hipocampo y cual es su funcion?*  
<http://hdl.handle.net/10818/53989>
- Hoyuelos, A. (2005). *LA CUALIDAD DEL ESPACIO-AMBIENTE EN LA OBRA PEDAGÓGICA DE LORIS MALAGUZZI* (Diálogo entre arquitectura y pedagogía). GRAÓ. <https://www.vitoria-gasteiz.org/http/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/25/34/42534.pdf>
- Huitrón, A., & Santander, G. (2018). *La Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe: implicaciones, avances y desafíos*. *Revista Internacional De Cooperación Y Desarrollo*, 5(1), 3–11. <https://doi.org/10.21500/23825014.3591>
- Johnson, C. (2011). *Design New Spaces for Learning*. 6.
- Karakas, T., & Dilek, Y. (2019). Exploring the influence of the built environment on human experience through a neuroscience approach: A systematic review. *ScienceDirect*, 9, 236-247.  
<https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.10.005>
- Kayan, C. (2011). *Neuroarchitecture-design* [Chalmers University of Technology].  
[https://issuu.com/cagil/docs/newneuroarchitecture\\_cagil\\_part\\_1\\_a4](https://issuu.com/cagil/docs/newneuroarchitecture_cagil_part_1_a4)
- Kopec, D. (2010). *Environmental Psychology for Design*. Fairchild Books.
- León Alvarado, L. S. (2021). Experiencia y emoción en arquitectura religiosa: Tadao Ando. *Actas de Arquitectura Religiosa Contemporánea*, 8, 90-99.
- Lewinski, P. (2015). Effects of classrooms' architecture on academic performance in view of telic versus paratelic motivation: A review. *National Libray of Medicine*, 6, 1-5.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00746>

- Malaver, C. (2013, agosto 17). «No construyamos más colegios como cárceles»: Frank Locker.  
<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13000123>
- Marmot, A. (2002, abril). *Architectural determinism. Does design change behaviour?* 52(476).  
[https://www.researchgate.net/publication/11341190\\_Architectural\\_determinism\\_Does\\_design\\_change\\_behaviour](https://www.researchgate.net/publication/11341190_Architectural_determinism_Does_design_change_behaviour)
- Ministerio de Educacion Nacional de Colombia. (2020). *Norma Técnica Colombiana NTC 4595*. ICONTEC.
- Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público*.
- Ochoa, A. (2021, diciembre 17). Arquitectura emocional: Entre el funcionalismo y la identidad mexicana. *AD Condé Nast México S.A.* <https://www.admagazine.com/arquitectura/que-es-la-arquitectura-emocional-movimiento-mexicano-20201110-7677-articulos>
- Olivares Hernández, J. D., Juárez Aguilar, E., & García García, F. (2015, abril 23). El hipocampo: Neurogénesis y aprendizaje. *Rev Med UV*.
- Pallasmaa, J. (2005). *Los ojos de la piel la arquitectura y los sentidos*. Gustavo Gili, SL.
- Rodriguez, L., Gallego, J., & Rodriguez, A. (2016). Reflexiones docentes acerca del diseño arquitectónico de los centros de formación profesional en Granada. *Propósitos y Representaciones*, 4(1), 115-168.
- Samaržija, H. (2018). EPISTEMOLOGICAL IMPLICATIONS OF NEUROARCHITECTURE. *SAJ, Serbian Architectural Journal*, 10(143-156).
- Stone, N. J. (2003). Environmental view and color for a simulated telemarketing task. *ScienceDirect*, 23, 63-78. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(02\)00107-X](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(02)00107-X)
- Vitruvio, M. (1649). *Vitruvii Pollionis De Architectura Libri Decem* (Alianza Forma). Alianza Editorial, S. A.  
[https://web.seducoahuila.gob.mx/biblioweb/upload/Vitruvio\\_Polion\\_Marco.pdf](https://web.seducoahuila.gob.mx/biblioweb/upload/Vitruvio_Polion_Marco.pdf)

Wang, S., Sanches de Oliveira, G., Djebbara, Z., & Gramann, K. (2022, mayo 9). La encarnación de la experiencia arquitectónica: Una perspectiva metodológica sobre la neuroarquitectura. *Sec. Neurociencia Cognitiva*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.833528>