

# Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

**PROGRAMA: ARQUITECTURA**

**LÍNEA TEMÁTICA: Diseño Arquitectónico, Sostenibilidad y Técnica constructiva.**

**ASIGNATURA: Habitabilidad y Confort**

**DOCENTE ORGANIZADORA: Laura Rendón G.**

## **Descripción de la Actividad:**

Muestra de posters académicos con los ejercicios presentados por los estudiantes hasta la fecha, que conforman el diagnóstico ambiental completo de un aula de la I.E. Colegio Santa Rosa de Lima..

## **Objetivo de la Actividad:**

El objetivo de la actividad es que los estudiantes relacionen los conceptos y las herramientas de análisis ambiental vistas en clase, con lo que sucede en los espacios escolares. Esto les permite identificar aspectos arquitectónicos y bioclimáticos que definen el comportamiento térmico, lumínico y acústico de los espacios.

## **Metodología de la Actividad:**

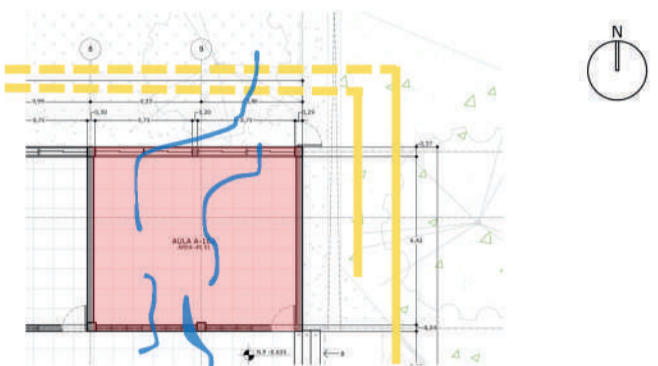
Durante todo el semestre los estudiantes realizan los diagnósticos térmico, lumínico y acústico de algunos espacios en la I.E Colegio Santa Rosa de Lima, por medio de la utilización de herramientas y conceptos vistos en clase, estableciendo relaciones entre la arquitectura y los comportamientos ambientales. Finalmente, se genera un diagnóstico completo y se plantean propuestas de optimización ambiental que puedan mejorar los aspectos negativos sin intervenir los aspectos que funcionan correctamente.



## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

### DIAGNÓSTICO TÉRMICO AULA A-101.

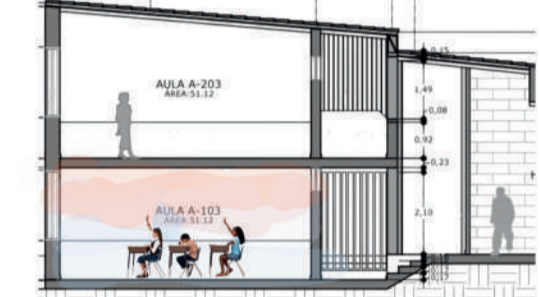
#### BONDADES DEL LUGAR



**Incidencia solar:** Esquina privilegiada del volumen, con fachadas libre hacia el norte.  
**Geometría | Compactividad:** Sin rincones que sean nichos de retención de calor.  
**Relación ventana-pared fachada norte:** 58.94% permite una respuesta rápida para la renovación del aire

Fachada norte.  
Área total ventanas: 13.35 m<sup>2</sup>.  
Área total muro: 22.65 m<sup>2</sup>

**NO HAY GRAN ALTURA.**  
Pero enlendo en cuenta el uso del espacio no hay mayor incidencia directa en el 80% de usuarios. Ya que el aire caliente sube y sale por las ventanas sur si la velocidad del aire es mayor a 0.5 m/s<sup>2</sup>

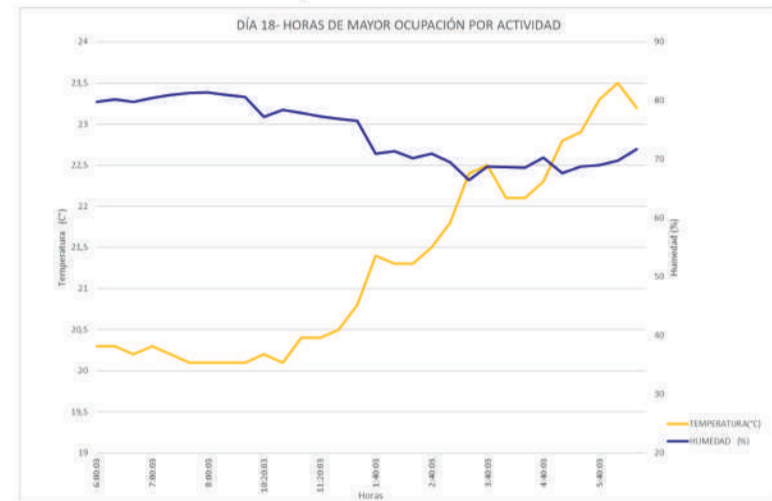


#### DATOS DE ANÁLISIS:

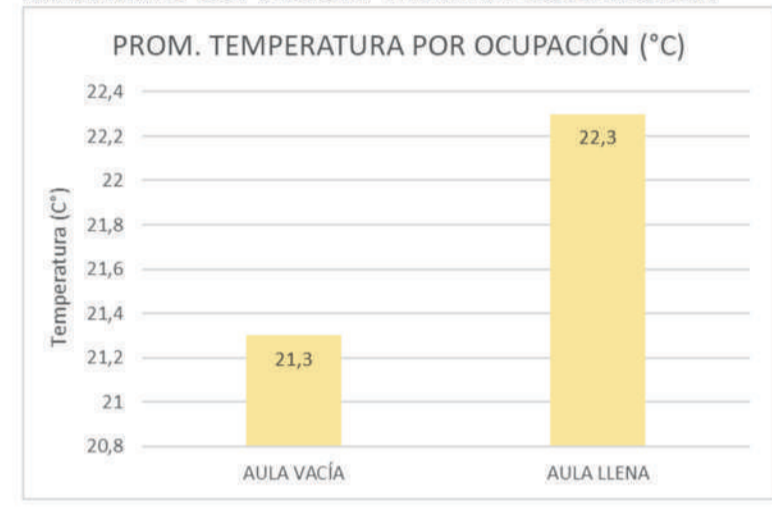
CLO: 0.5  
MET: 1.0

#### COMPORTAMIENTO TÉRMICO DIA 18 EN MÁXIMA OCUPACIÓN

Efectos de la ausencia del MET y ventilación. Más ocupación eleva la temperatura y la poca ventilación retiene la humedad  
Picos: 10 am -1:00pm



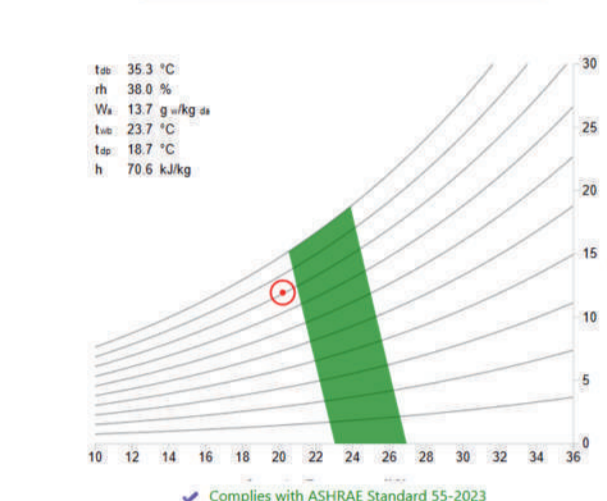
#### COMPARACIÓN DIA 18. MÁXIMA OCUPACIÓN- MÍNIMA OCUPACIÓN



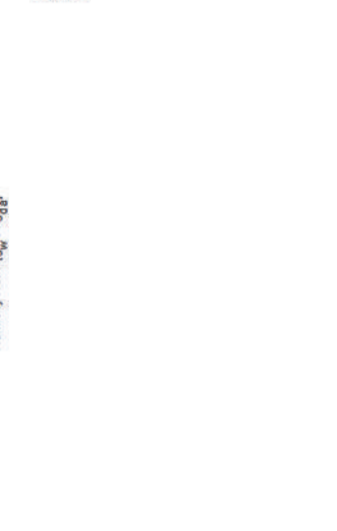
#### PMV - PPD

Las simulaciones muestran que el espacio puede alcanzar confort térmico cuando la temperatura se mantiene entre 25-26 °C, con ventilación ligera y humedad controlada. Sin embargo, al superar los 27 °C o reducir la circulación de aire, el ambiente comienza a generar sensación de calor y discomfort.

Does not comply with ASHRAE Standard 55-2023  
PMV = -0.21  
Sensation = Slightly Cool  
PPD = 14.6%  
SET = 22.7 °C  
Psychrometric (operative temperature)

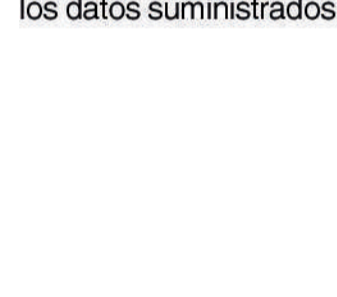


#### AUMENTO NIVEL DE CLO

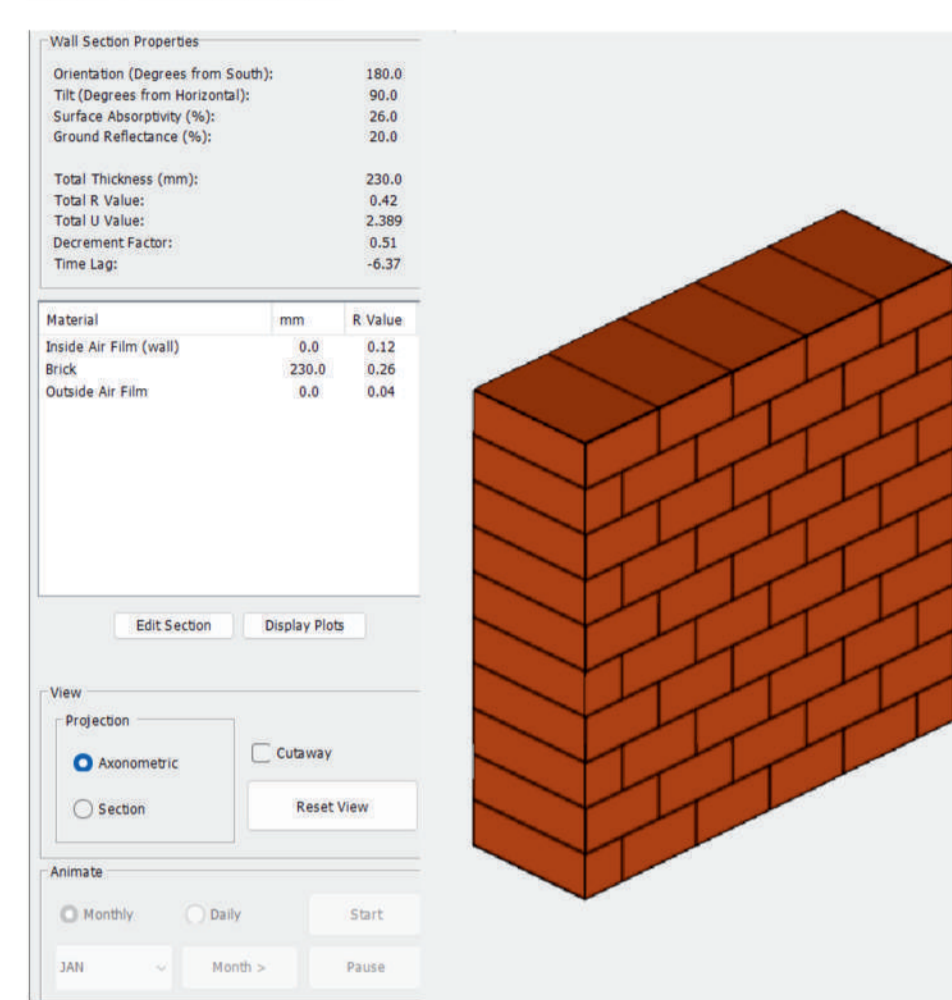


#### CONFORT

Análisis desarrollado tomando como punto de partida el día 18 de mayor criticidad identificado dentro de los datos suministrados.



#### DESEMPEÑO TÉRMICO DE LOS MATERIALES



Debido a que los muros de mampostería poseen un espesor de 23 cm y el ladrillo de barro presenta una absorción aproximada del 17%, el sistema constructivo evidencia una transmitancia térmica relativamente alta.

TEMPERATURA DE CONFORT: 23 °C  
MATERIAL: LADRILLO DE BARRO  
GROSOR: 23CM  
ABSORCIÓN: 17%  
TRANSMITANCIA: 2.38

#### CONCLUSIÓN DE VARIABLES PROS

- Orientación óptima:** Aprovechamiento de la fachada norte para una iluminación natural difusa, evitando la radiación solar directa y el deslumbramiento que ocasiona la fachada Sur y la Oeste (poniente)
- Alta Permeabilidad:** Proporción de vanos del 58.94% en la fachada principal, lo que permite una respuesta rápida para la renovación del aire
- Estrategia de Ventilación:** Configuración de vanos paralelos (Norte-Sur) que aprovecha la flotabilidad térmica (el aire caliente sube y sale por las ventanas altas del sur).
- El espesor del ladrillo permite almacenar calor y liberarlo lentamente, lo que ayuda a estabilizar la temperatura interior durante el día.
- Adaptabilidad del usuario (CLO): El uso de ropa ligera de verano (0.5 a 0.7 clo) ayuda significativamente a mantener los índices de confort térmico.

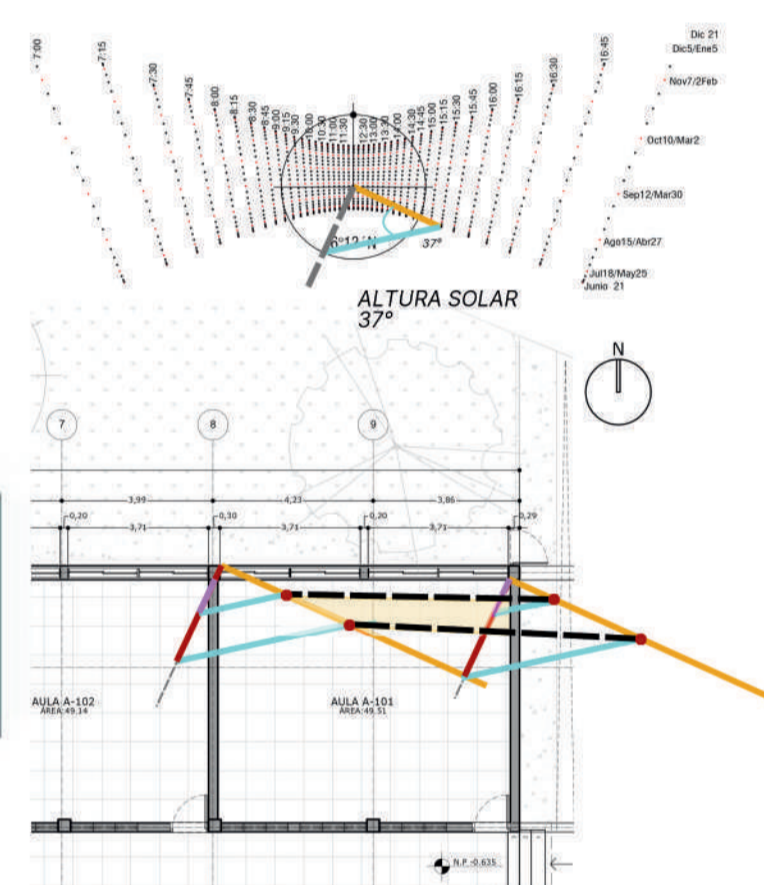
#### CONTRAS

- Altura:** Los 2.86 m son insuficientes para alejar el calor estratificado de la zona ocupada si hay poca velocidad de viento.
- Baja inercia al MET:** Un incremento leve por encima de MET 1.0 satura el espacio, disparando el calor y el discomfort.
- Disparo del índice de insatisfacción: En el escenario desfavorable de frío ligero, el PPD se eleva críticamente al 16%, saliéndose por completo de los márgenes de cumplimiento de la norma.

VIGILADA por el Ministerio de Educación Nacional

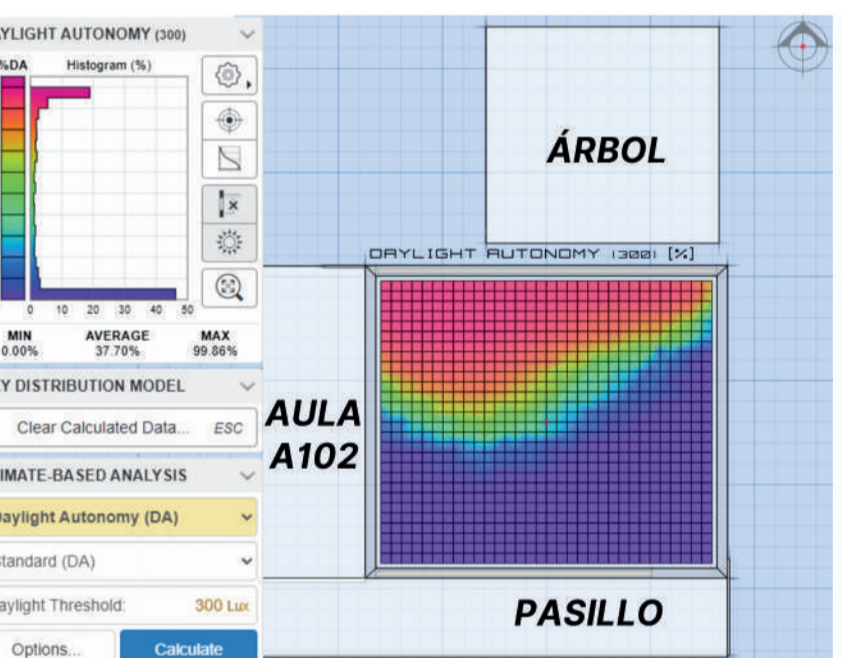
### DIAGNÓSTICO LUMÍNICO AULA A-101. AUTONOMÍA DE LUZ NATURAL DA (≥ 300 LUX)

#### DIAGRAMA DE SOMBRAS



**3:30 PM 21 JUNIO**  
Fecha con mayor temperatura en Medellín, según registros climáticos de 2009-2023.  
Fecha con ocupación alta y cercana a un receso de verano y con alta asistencia al aula.  
Concuerda con el solsticio de verano, importante por la posición del sol (es la más desfavorable para la fachada norte)

- El DA evidencia que la luz natural se concentra cerca de la ventana y pierde efectividad hacia el fondo del aula, generando una distribución poco uniforme.
- Acorde al umbral de 300 lux, se identifica una franja norte saturada por exceso de radiación solar y una zona sur con niveles deficientes de iluminación, produciendo una transición abrupta que puede generar discomfort visual.
- Se recomienda incorporar estrategias de control solar en la zona norte, junto con superficies reflectantes e iluminación artificial zonificada en la zona sur, para mejorar la uniformidad lumínica y optimizar el consumo energético.

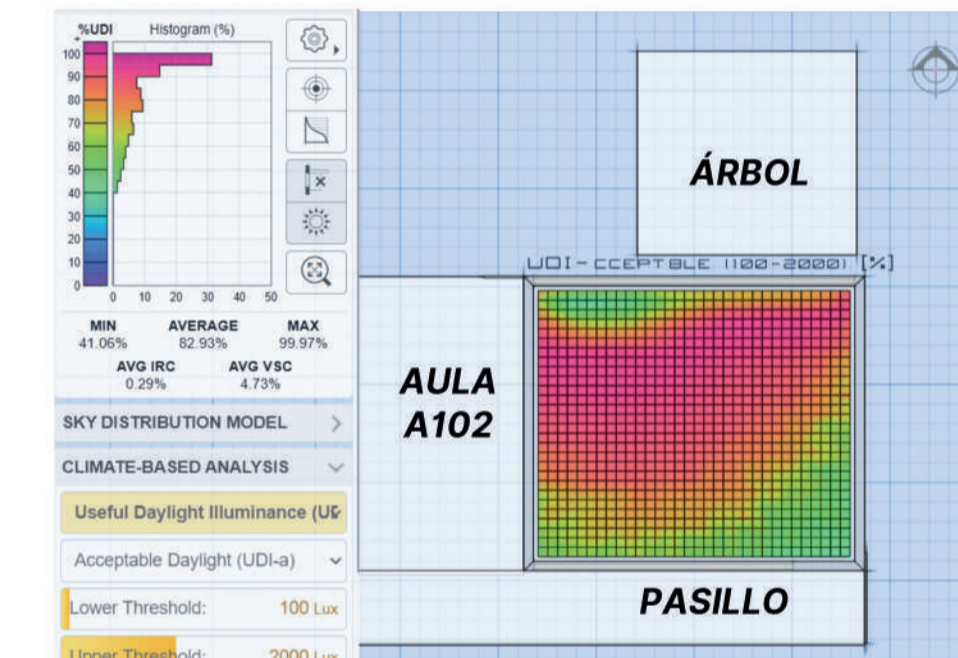


DATOS DE ESTUDIO:  
01 FEBRERO - 30 NOVIEMBRE. | 06:00 - 18:00 Hrs.

### ILUMINACIÓN POR LUZ NATURAL ÚTIL. UDI (100 LUX - 2000 LUX)

- Hay mancha solar puntual que altera la estabilidad de la luz en el aula (concuerda con diagrama de sombras)
- Aunque entra luz "útil", la distribución no es homogénea.
- Se concentran excesos en unas zonas y déficits en otras.
- Varias zonas superan el rango recomendado.
- La zona sur queda por debajo de los niveles ideales.
- Se hace evidente la necesidad de controles solares y acabados más reflectantes para equilibrar la iluminación.

El análisis toma como referencia de optimalidad el rango de 300-750 lux, establecido por la norma RETILAP para ambientes educativos.

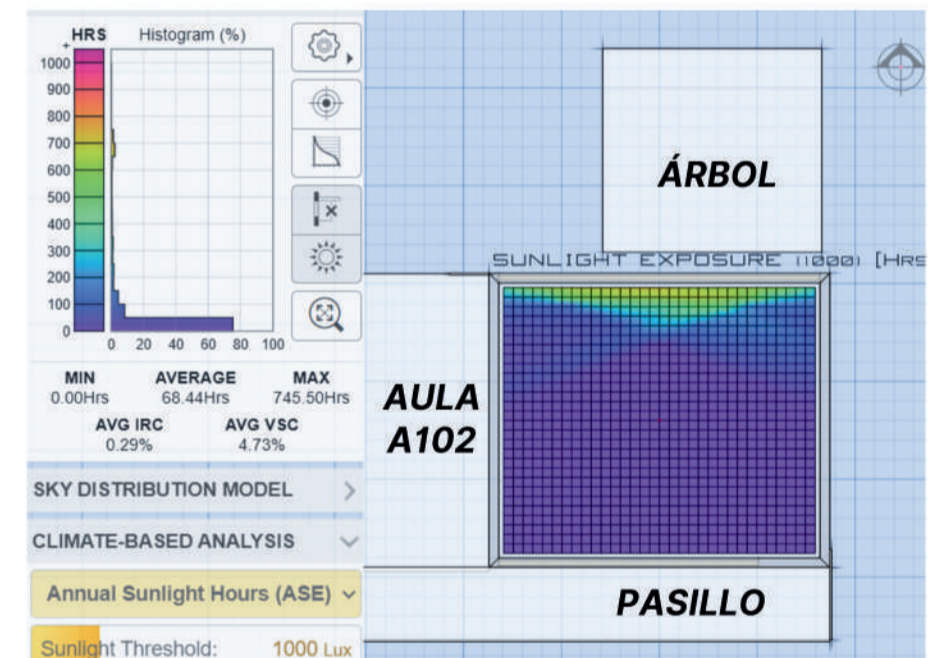


DATOS DE ESTUDIO:  
01 FEBRERO - 30 NOVIEMBRE. | 06:00 - 18:00 Hrs.

### EXPOSICIÓN ANUAL A LA RADIACIÓN SOLAR. ASE (1000 LUX)

- La mayor parte del área está por debajo del límite de las 250 hrs.
- En el borde de la ventana se llega a 750 aprox, el triple de lo ideal.
- Conflicto con la luz útil: El exceso de sol en el perímetro norte obligaría a usar cortinas, anulando la iluminación natural del resto del aula.
- Se hace evidente la falta de un alero o quiebrasol para bajar las horas de sol en la zona de la ventana.

2.424 hrs Ocupadas anualmente  
El aula de la fachada norte está en conflicto casi el 31% del tiempo de clase (1 de cada 3 horas aproximadamente).



DATOS DE ESTUDIO:  
01 FEBRERO - 30 NOVIEMBRE. | 06:00 - 18:00 Hrs.

#### CONCLUSIÓN DE VARIABLES PROS

- Orientación óptima.** Pero con episodios temporales de alta incidencia solar.
- Proporción y ubicación de vanos en dirección Norte, tanto para la iluminación natural y ventilación cruzada.

#### CONTRAS

- Ubicación del árbol no converge con las incidencias solares altas.
- Las propiedades de los materiales no ayudan lo suficiente a optimizar la luz con reflectancias en zonas de escasas lumínicas.
- En conjunto, la iluminación no es óptima para un salón de clases.
- Dependencia lumínica: El objetivo de bajar de las 250 hrs en fachada es evitar el uso de cortinas, permitiendo que la luz útil llegue al fondo sin deslumbrar a los que están adelante.
- El diagnóstico hace evidente que no basta con tener aberturas; se requiere un sistema de protección solar externa (aleros/quiebrasoles) y acabados interiores de alta reflectancia para equilibrar la iluminación.
- La falta de homogeneidad y los excesos puntuales detectados demuestran que el espacio no cumple de forma constante con los rangos de la norma RETILAP (300-750 lux)
- La franja Norte al superar el umbral de 300 lux de forma constante por mas de 750 hrs anuales en los ¼ del área del aula se comporta como una zona crítica

### DIAGNÓSTICO ACÚSTICO AULA A-101.

$$RT = 0,161 \frac{V}{AT} \quad v = 165.1 \text{ m/s}$$

$$25.67 = 1.0s$$

$$8.03 = 3.3s$$

$$4.61 = 5.8s$$

#### COMPARACIÓN ESTADO DEL AULA

VACÍA 5.8s  
CON MOBILIARIO 3.3s  
OCUPACIÓN COMPLETA 1.0s

Web Absorption Data ENG. (s.f.). Documento técnico de coeficientes de absorción acústica en materiales.

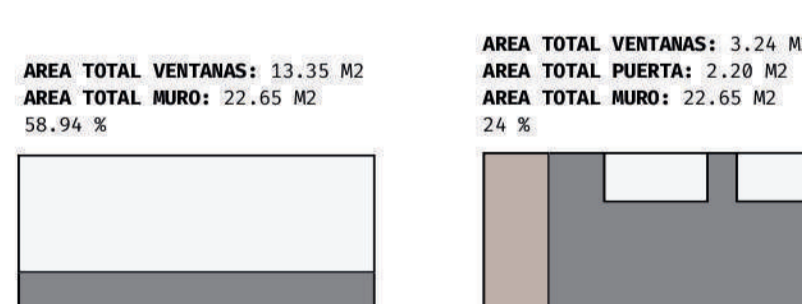
Los tiempos de reverberación recomendados (RT60) varían según el uso del espacio: aulas y oficinas requieren espacios "secos" (inferior a 0,6-0,7 s)

Conclusión de la comparación:  
Incluso en ocupación completa (1,0 s) el valor sigue siendo mayor al recomendado.  
El aula solo se acerca parcialmente a valores aceptables cuando está llena de personas.

ANÁLISIS MATERIAL- CONFIGURACIÓN  
Materiales: Superficies duras y reflectantes:  
Configuración del espacio: Apreciaciones acorde a variables materiales:

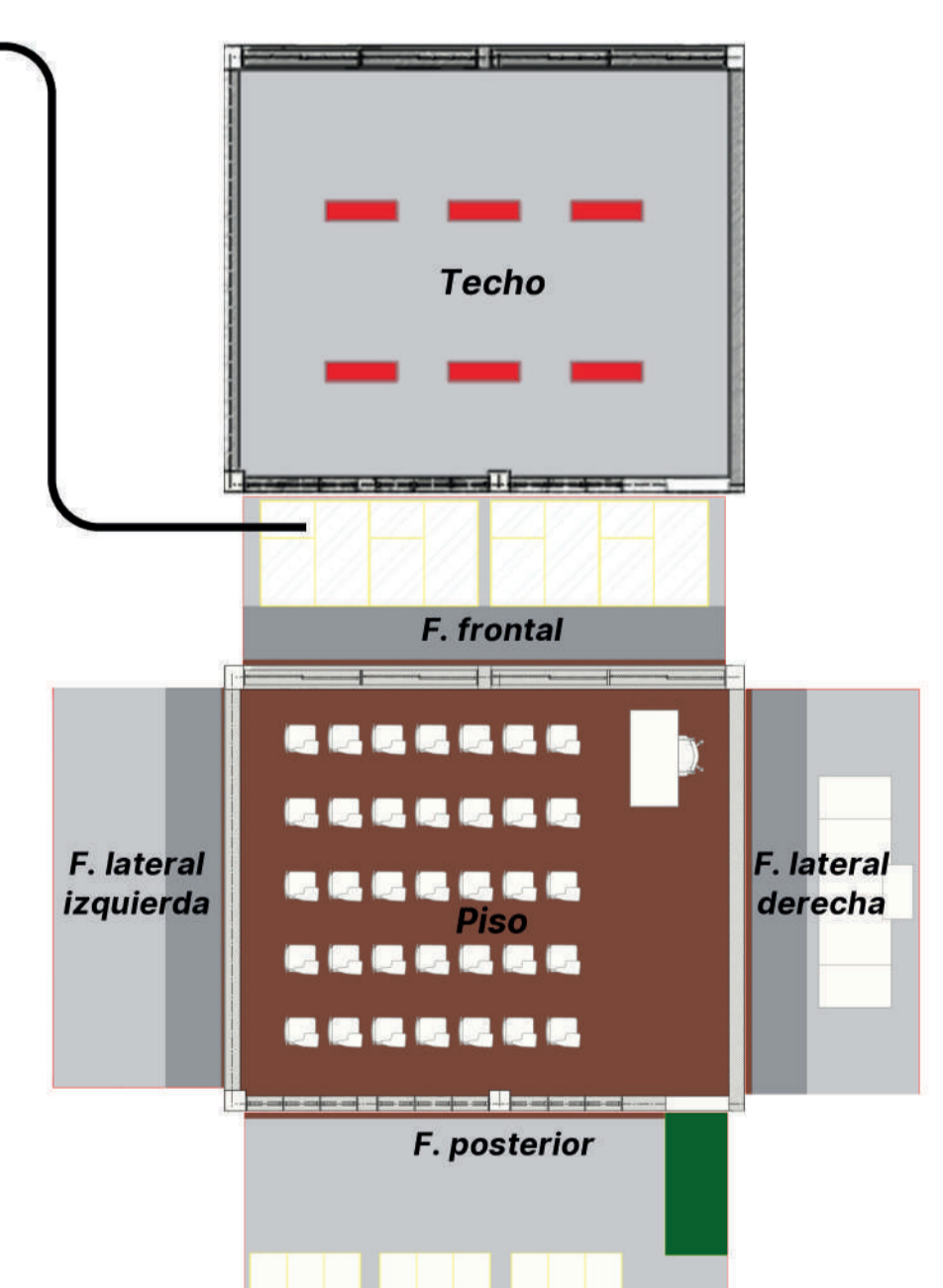
- Ladrillo
- Yeso
- Pisos cerámicos
- Vidrio
- Espacio grande y con volumen alto
- Paredes paralelas → favorecen reflexiones múltiples
- Falta de elementos difusores

Mobiliario:  
Las sillas, mesas y cuerpos humanos aportan absorción adicional.  
Sin embargo, el mobiliario escolar típico no es altamente absorbente, por lo que la reducción es limitada.



- Vulnerabilidad por porosidad:** Al ser un aula diseñada para captar luz natural y ventilación, las aberturas constantes en la fachada funcionan como puentes acústicos que dejan entrar el ruido exterior sin filtros.
- Si el aire entra, el ruido también.**
- Proximidad al pasillo:** La circulación abierta pegada al aula genera un foco de ruido constante (voces, pasos) que impacta directamente el ambiente de estudio.

- Limitación de la barrera vegetal:** El follaje ni la altura propician un espesor suficiente para absorber ondas sonoras; el sonido simplemente fluye a través de los vacíos entre las hojas y el tronco.
- El ruido de las calles no afecta significativamente el aula,** ya que existe un bloque frente al salón que funciona como barrera acústica, reduciendo la entrada directa del sonido exterior.



#### CONCLUSIÓN DE VARIABLES PROS

- Diseño adaptado al aforo: El espacio está correctamente pensado para albergar a su público objetivo (más de 15 personas), aprovechando la masa crítica de los usuarios para mejorar el confort acústico de forma pasiva.
- Consideramos que hay un buen acondicionamiento del aula, sin embargo el aislamiento de este puede ser deficiente.

#### CONTRAS

- Incumplimiento de los estándares recomendados: Incluso en su mejor escenario (ocupación completa con \$1.0, el tiempo de reverberación sigue estando por encima del rango óptimo sugerido para aulas de clase (\$0.6- 0.7). El espacio no es lo suficientemente "seco".
- Inestabilidad acústica: El confort de la clase depende enteramente de que el aula esté llena. En un estado "normal" (con pocos estudiantes o vacía con mobiliario), el espacio es propenso a generar ecos y cacofonías, perjudicando la inteligibilidad de la palabra (la claridad con la que se escucha al profesor).
- El dilema de la porosidad: Diseñar para captar luz y aire resuelve el confort térmico, pero rompe la estanqueidad acústica, dejando el aula expuesta al ruido a cambio de ventilación.

Las estrategias de iluminación y ventilación hacen que las aberturas en el aula

Andres Mauricio Orozco Montoya.  
Samira Torres Núñez.  
Yairinson Atencio Echeverri.



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA®



**PROGRAMA:**  
Arquitectura.  
**ASIGNATURA:**  
Habitabilidad y confort  
**DOCENTE:**  
Laura Rendón Gaviria  
**ESTUDIANTES:**  
Gabriel Jaime Escobar - María Camila Giraldo  
Juan Pablo Sua - Sarita Carrillo

# XXVII

SEMANA DE LA FACULTAD  
**ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA**

## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

### CONTEXTO Localización

La I.E. Santa Rosa de Lima está ubicada en la Cl. 45G #80-95, en el sector La Floresta, comuna La América de Medellín.

Se encuentra en un entorno urbano consolidado, con fácil acceso mediante vías principales y buena conexión con transporte público y servicios cercanos. Su ubicación favorece la integración con el contexto residencial y educativo del sector, además de influir en las condiciones ambientales y de iluminación del proyecto.

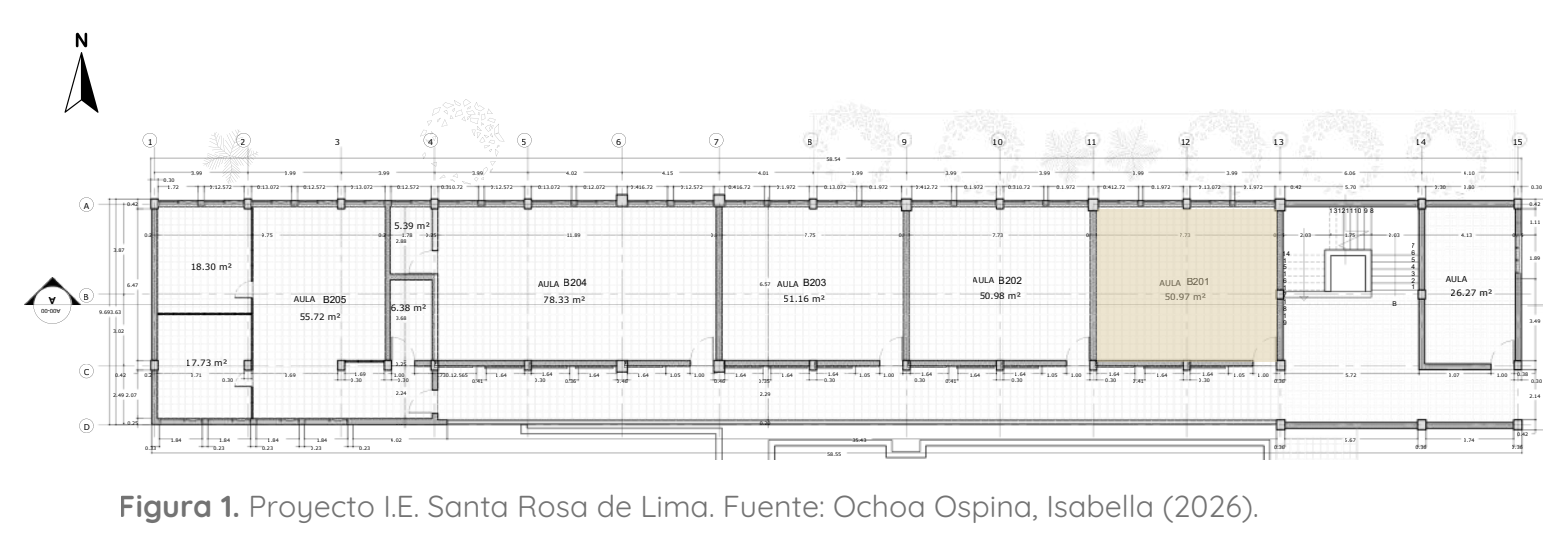
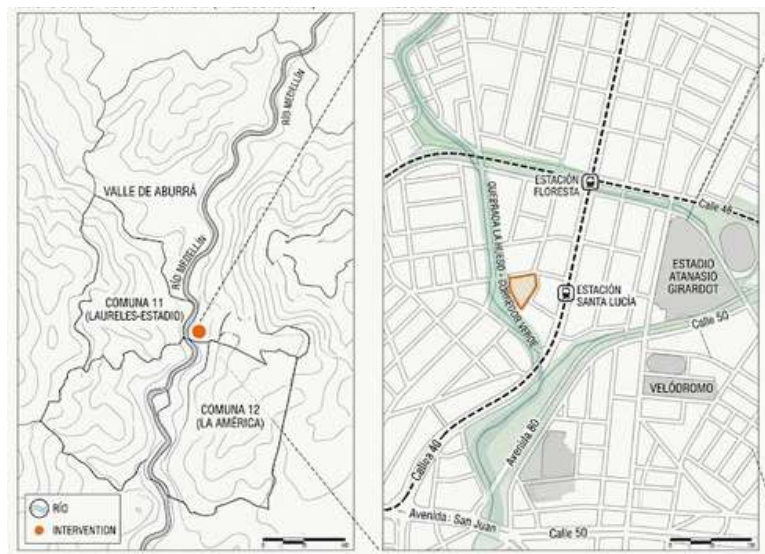


Figura 1. Proyecto I.E. Santa Rosa de Lima. Fuente: Ochoa Ospina, Isabella (2026).

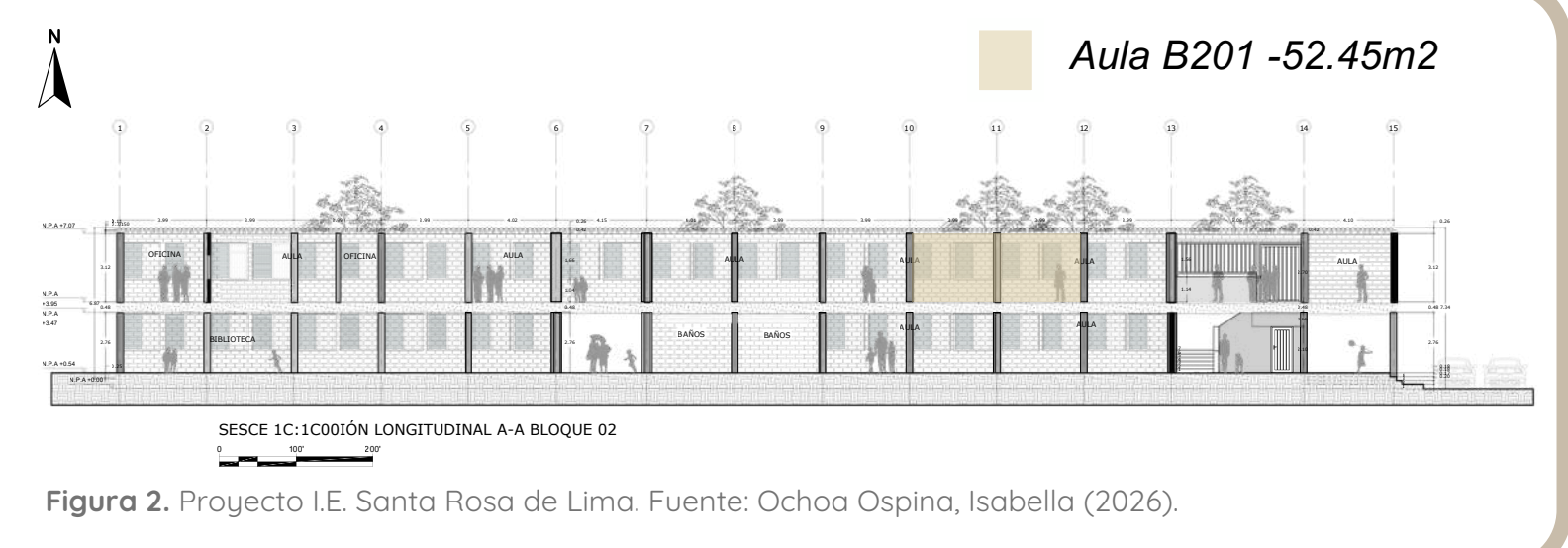


Figura 2. Proyecto I.E. Santa Rosa de Lima. Fuente: Ochoa Ospina, Isabella (2026).

### DIAGNÓSTICO TÉRMICO

#### Análisis del Confort Térmico mediante PMV y PPD

**Temperatura**  
Temperatura máxima: 29,5 °C  
Temperatura promedio: 24,3 °C  
Temperatura mínima: 20,9 °C

**Humedad**  
Temperatura máxima: 74,5 %  
Humedad promedio: 60 %  
Temperatura mínima: 29,9 %

#### Momentos representativos

##### Aula b201 - Semana 2 - horario de 8:00am - 12:00pm

Día	Temperatura Máx. °C	Temperatura Prom. °C	Temperatura Mín. °C	Día más crítico
1 de Agosto	29,5	24,3	20,9	Día más crítico
3 de Agosto	29,5	24,3	20,9	Mañana confortable
7 de Agosto	29,5	24,3	20,9	Día más estable

##### Aula b201 - Semana 2 - horario de 8:00am - 12:00pm

Día	Temperatura Máx. °C	Temperatura Prom. °C	Temperatura Mín. °C	Día más crítico
1 de Agosto	29,5	24,3	20,9	Día más crítico
3 de Agosto	29,5	24,3	20,9	Mañana confortable
7 de Agosto	29,5	24,3	20,9	Día más estable

#### Resultados obtenidos

##### Día más crítico - Horario Tarde:

Temperatura: 29,5 °C  
Humedad: 44,7 %  
CLO: 0,5 (Uniforme)  
Metabolismo: 1,0 Sentado - escribiendo  
Velocidad del aire: 0,1 Imperceptible

PMV= 1.23 - PPD= 37%

Temperatura: 29,5 °C  
Humedad: 44,7 %  
CLO: 0,5 (Uniforme)  
Metabolismo: 1,0 Sentado - escribiendo  
Velocidad del aire: 0,8 Moderado

PMV= 0.08 - PPD= 5%

##### Mañana mas Confortable:

Temperatura: 24,5 °C  
Humedad: 73,3 %  
CLO: 0,5 (Uniforme)  
Metabolismo: 1,0 Sentado - escribiendo  
Velocidad del aire: 0,4 Poca brisa

PMV= -1.08 - PPD= 30%

Temperatura: 24,5 °C  
Humedad: 73,3 %  
CLO: 0,8 (Uniforme + buso)  
Metabolismo: 1,0 Sentado - escribiendo  
Velocidad del aire: 0,2 Apenas se siente

PMV= -0.14 - PPD= 5%

Aunque la temperatura es moderada (24,5 °C), la alta humedad (73.3%) afecta la percepción térmica.

La ropa ligera no proporciona suficiente aislamiento, por lo que el cuerpo pierde calor más rápido y se genera sensación de frescor incómodo.

El incremento en el nivel de vestimenta (CLO) mejora el equilibrio térmico del cuerpo, reduciendo la pérdida de calor.

Esto permite alcanzar confort sin modificar las condiciones ambientales, optimizando la percepción térmica.

- El confort térmico en este caso está directamente influenciado por la vestimenta.
- Ajustes simples en el CLO permiten corregir condiciones de desconfort sin intervención climática, lo que evidencia el potencial de estrategias pasivas.

### PROS

- Buena ventilación natural y ventilación cruzada, especialmente por la orientación oriente-noroccidente, lo que ayuda a disipar el calor y mejorar el confort térmico.
- En las mañanas el aula mantiene temperaturas relativamente confortables para actividades académicas.
- La ubicación en segundo piso favorece la circulación del aire y reduce la acumulación excesiva de calor.
- Los acabados interiores claros ayudan a mejorar la iluminación natural y disminuyen la absorción térmica visual.
- El espacio puede alcanzar condiciones de confort térmico mediante estrategias pasivas, sin necesidad de sistemas mecánicos.

### CONTRAS

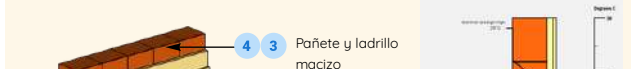
- Los muros presentan alta transmitancia térmica y baja resistencia térmica, permitiendo el ingreso rápido del calor al interior.
- El ladrillo macizo expuesto acumula calor durante las horas de mayor radiación solar, generando sensación cálida.
- En las tardes se presentan condiciones críticas de temperatura y humedad que generan desconfort térmico.
- La cubierta ofrece poca resistencia térmica, permitiendo el calentamiento progresivo del espacio.
- El confort térmico depende mucho de la ventilación y de la vestimenta del usuario, lo que evidencia poca estabilidad térmica del aula.

### CONCLUSIÓN

- El aula B201 presenta un comportamiento térmico intermedio, donde la ventilación natural y la ubicación en segundo piso favorecen el confort interior gran parte del tiempo. Sin embargo, los materiales constructivos y la alta transmitancia térmica de muros y cubierta generan acumulación de calor en horas de mayor radiación, provocando momentos de desconfort térmico. Aun así, mediante estrategias pasivas de ventilación y control solar, el espacio puede alcanzar condiciones adecuadas de habitabilidad y confort.

#### DESEMPEÑO TÉRMICO DE LOS MATERIALES

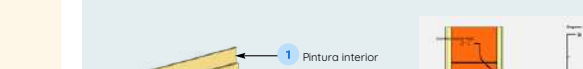
##### Muro Norte



1 Perforación interior  
2 Ladrillo macizo  
3 Perforación exterior

Material	U (W/m²K)	R (m²K/W)
Perforación interior	0.16	6.25
Ladrillo macizo	0.40	2.50
Perforación exterior	0.16	6.25
<b>Total</b>	<b>0.72</b>	<b>13.80</b>

##### Otros muros



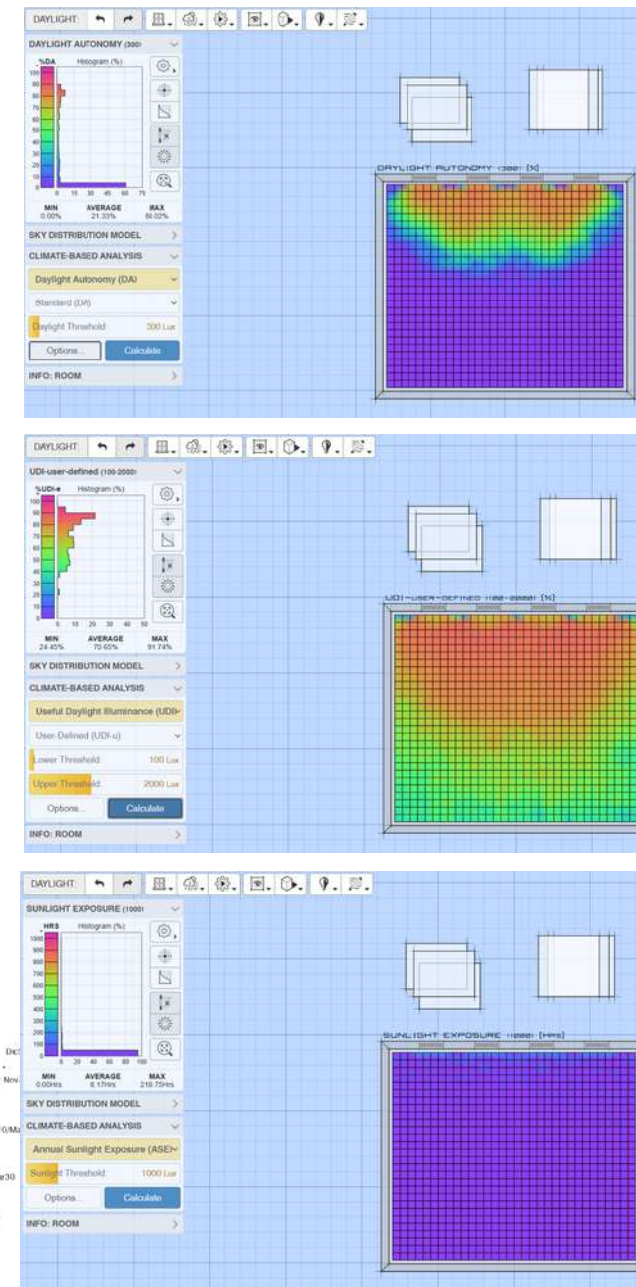
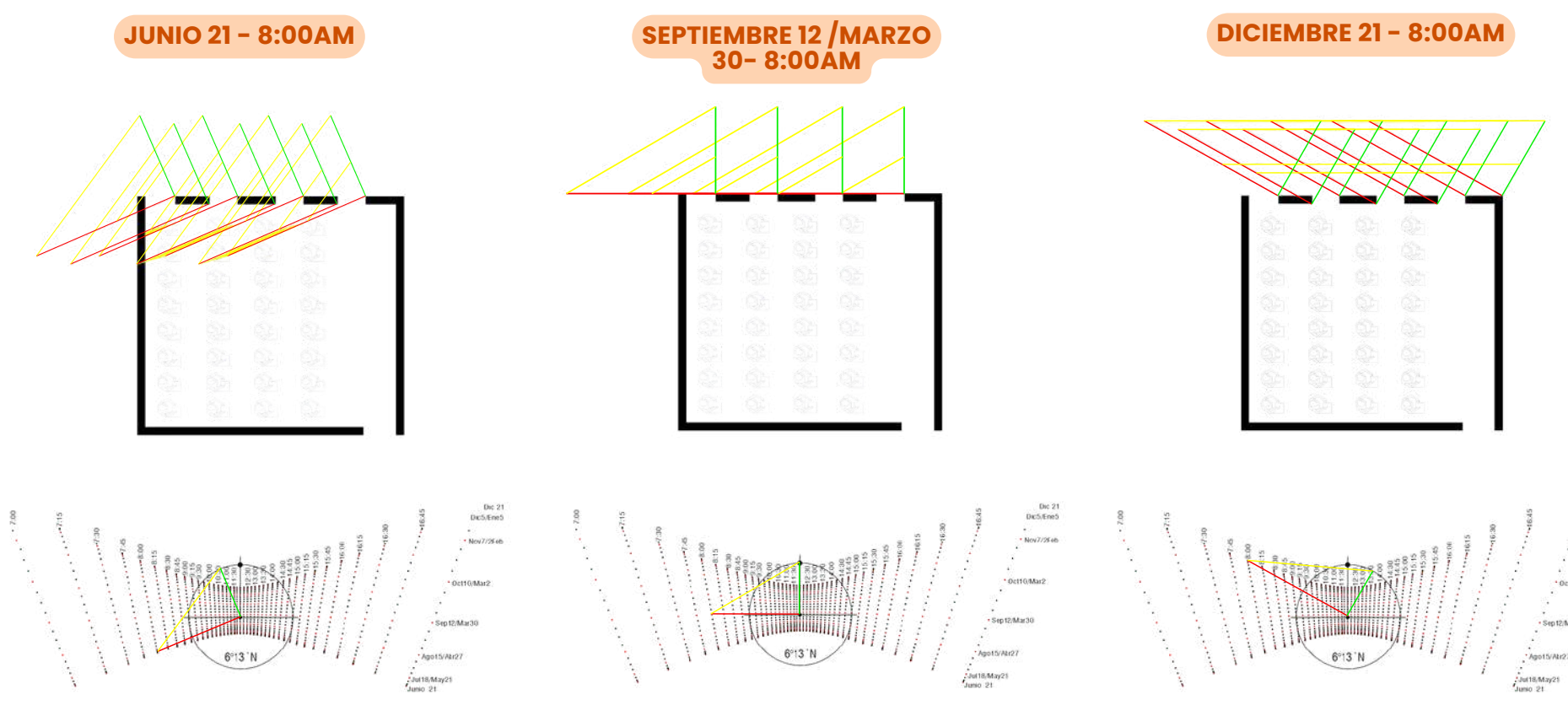
1 Perforación interior  
2 Ladrillo macizo  
3 Perforación exterior

Material	U (W/m²K)	R (m²K/W)
Perforación interior	0.16	6.25
Ladrillo macizo	0.40	2.50
Perforación exterior	0.16	6.25
<b>Total</b>	<b>0.72</b>	<b>13.80</b>

### DIAGNÓSTICO LUMÍNICO

En estos tres momentos ( Fechas ) y en el horario de las 8:00 am analizamos evidenciamos muy concretamente que solo el 21 de Junio a las 8:00 am es cuando se presenta un ingreso de luz solar dentro del espacio aunque no de una manera considerable pero que si puede generar algún tipo de molestia a los estudiantes que se encuentran mas cercanos a las ventanas.

Hay que tener en cuenta que en el exterior del salón se encuentran dos arboles lo que puede incidir en la cantidad de luz que ingresa



#### Autonomía de la luz natural

Fecha: 2 de febrero - 27 de noviembre

- En la Autonomía de Luz Natural (DA) se evidencia que la iluminación es buena únicamente cerca de las ventanas, pero disminuye rápidamente hacia el fondo.
- Esto muestra que el espacio no logra mantenerse iluminado naturalmente durante la mayor parte del tiempo, especialmente en las zonas más alejadas, lo que implica que se necesitaría luz artificial en gran parte del aula.

#### Iluminación por luz natural útil (UDI)

Fecha: 2 de febrero - 27 de noviembre

- El análisis UDI evidencia un comportamiento contrastante en el espacio: aproximadamente el 90% del área se mantiene dentro del rango de iluminación natural útil (100-2000 lux) durante un porcentaje significativo de horas ocupadas, especialmente en las zonas cercanas a la ventana, donde se superan el 70% de horas útiles aunque con episodios de sobreluminación. En contraste, hacia el fondo, el rendimiento disminuye, registrando cerca del 50% del tiempo en condición de subiluminación (<100 lux). Esto confirma un adecuado ingreso de luz natural, pero con una distribución marcadamente desigual en profundidad.

#### Exposición anual a la radiación solar (ASE)

Fecha: 2 de febrero - 27 de noviembre

- La exposición Solar Anual (ASE) es muy baja en todo el espacio, lo que significa que no hay sobreexposición al sol directo.
- Esto es positivo porque evita problemas de deslumbramiento o sobrecalentamiento, pero también puede indicar que la luz no está penetrando con suficiente profundidad.

### PROS

- Confort térmico: Al no tener sol directo entrando todo el día, el salón se mantiene fresco y no se calienta como un horno, lo que ayuda mucho a la concentración.
- Luz difusa y constante: La orientación hacia el norte es ideal porque entra una luz pareja y suave que no genera sombras para un espacio de estudio.
- Control del resplandor: Casi todo el año se libra el espacio del brillo molesto sobre los pupitres, lo que hace que el espacio sea cómodo para estudiar.

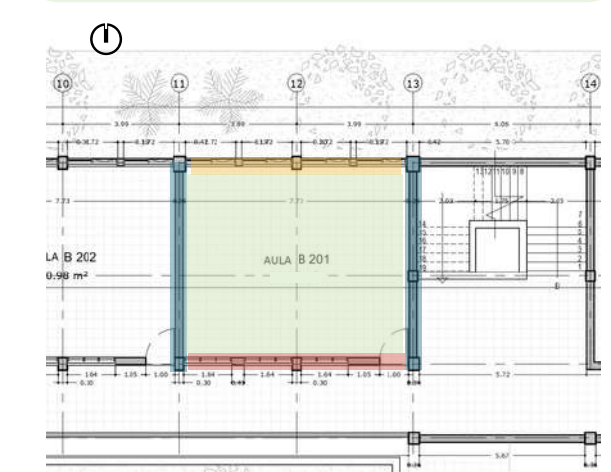
### CONTRAS

- Fondo muy oscuro: El salón es muy profundo y con la luz sola entra por un lado, el fondo siempre está en penumbra y no puede prender las luces artificiales a toda hora.
- Deslumbramiento en junio: A mitad de año el sol ingresa por las ventanas y les pega de frente a los que están sentados adelante, lo que puede ser muy incómodo por el calor y el brillo.
- Ambiente un poco frío: Al estar tan protegido del sol, en días lluviosos o nublados el espacio se puede sentir muy frío o incluso algo húmedo porque nunca le entra nada de sol para templar.
- Gasto de energía: Como la luz natural no llega hasta atrás (baja autonomía), el edificio termina consumiendo mucha electricidad en iluminación para que los del fondo puedan ver bien.

### CONCLUSIÓN

- El espacio tiene buenas condiciones de confort térmico y luz difusa, favoreciendo el ambiente de estudio. Sin embargo, la iluminación natural no se distribuye de manera uniforme, dejando el fondo oscuro y aumentando el uso de luz artificial, además de presentar deslumbramiento en ciertas épocas del año.

### DIAGNÓSTICO ACÚSTICO



#### ÁREA DE MATERIALES

Color	Material	Lugar	m2
Verde	Vidrio	Ventana	5.76
Rojo	Pintura	Muro	15.55
Azul	Pintura	Muro	15.29
Naranja	Madera	Tablero 1	21.84
Púrpura	Pintura	Muro	15.29
Verde	Acrílico	Tablero 2	2.88
Amarillo	Tiza	Tablero 3	1.81
Naranja	Vidrio	Tv	0.54
Púrpura	Pintura	Muro	19.50
Verde	Madera	Techo	52.38

#### CÁLCULO DE REVERBERACIÓN

Color	Material	Coefficiente de absorción (500HZ)	Area de superficies m2	AT
Verde	Pintura	0.02	65.63	1.31
Naranja	Madera	0.25	74.22	18.55
Púrpura	Acrílico	0.01	2.88	0.02
Amarillo	Tiza	0.15	1.81	0.27
Naranja	Vidrio	0.10	6.3	0.63
<b>Total</b>	<b>ABSORCION TOTAL DEL ESPACIO</b>			<b>20.78</b>

$$AT = m^2 \cdot Hz$$

$$AT: \text{ABSORCION TOTAL DEL ESPACIO}$$

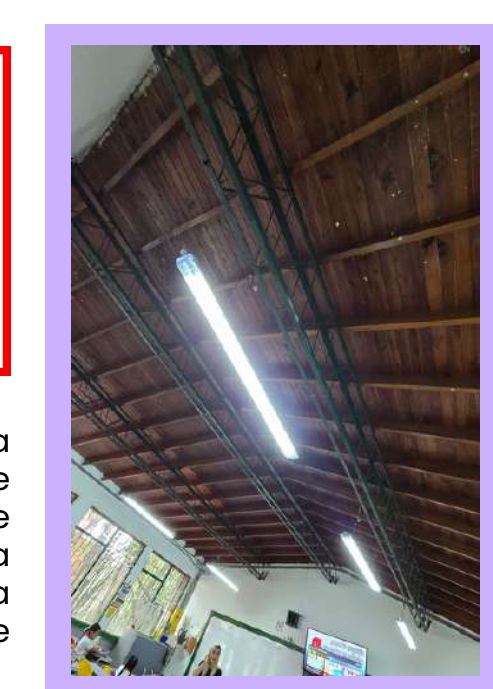
$$RT: \text{TIEMPO DE REBERBERACION}$$

$$RT = 0.161 \cdot VOL / AT$$

$$RT = 0.161 \cdot 163.65 M^3 / 20.78 \quad RT = 1.26 S$$

$$VOLUMEN: 163.65 M^3$$

- El tiempo de reverberación óptimo para un salón de clases es de aproximadamente **0.6 segundos**, ya que este valor permite una adecuada inteligibilidad de la voz, mejora la comunicación dentro del aula y reduce la presencia de eco y ruido.



### PROS

- El aula incorpora materiales como la madera, los cuales contribuyen parcialmente a la absorción acústica del espacio.
- La configuración y distribución del salón favorecen una adecuada propagación del sonido.
- Los elementos presentes en el interior ayudan a reducir parcialmente las reflexiones sonoras.

### CONTRAS

- El tiempo de reverberación obtenido es de 1.26 s, superando el valor recomendado de 0.6 s para espacios educativos.
- Materiales reflectivos como el vidrio, la pintura y el acrílico incrementan el rebote del sonido y la generación de eco.
- La claridad de la voz pueden verse afectadas, dificultando la comunicación y la concentración en el aula.
- La altura de la cubierta y los materiales presentes en el techo favorecen la permanencia y dispersión del sonido dentro del espacio.

### CONCLUSIÓN

- El análisis acústico evidencia que el aula no presenta un comportamiento acústico óptimo, ya que el tiempo de reverberación supera el valor recomendado para espacios educativos. Aunque algunos materiales aportan absorción sonora, predominan superficies reflectivas que generan eco y disminuyen la claridad del sonido. Por ello, se recomienda incorporar materiales acústicos absorbentes en techo o muros para mejorar el confort auditivo y la comprensión dentro del aula.

## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

### I.E Santa Rosa De Lima

#### Aula 104 - Semana 1

**Hora : 7:00AM**

Temperatura : 23°C Humedad R : 67,1%

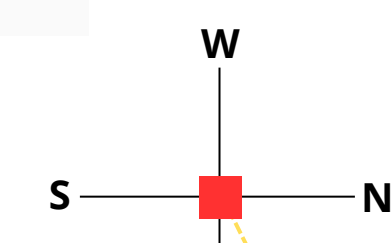
##### Opinión

El aula presenta condiciones térmicas relativamente confortables en las primeras horas del día. La temperatura se encuentra en un rango agradable, pero la humedad es algo alta, por lo que el ambiente no se percibe completamente fresco.

##### ¿Cómo se siente el espacio?

El espacio se siente cómodo, aunque ligeramente húmedo. No se percibe calor excesivo, pero tampoco una sensación de frescura total, ya que el aire se siente un poco pesado.

##### Orientación



El sol se ubica a un acimut de 80° desde el norte, por lo que la radiación incide desde el este-noreste sobre la fachada del aula.

PMV = -0,81: el aula se percibe como ligeramente fresca.

PPD = 19%: cerca de una quinta parte de los ocupantes podría sentirse incómodo. Aunque la sensación general es aceptable, el espacio se encuentra en el límite del rango de confort.

**Hora : 2:00PM**

Temperatura : 25,1°C Humedad R : 58,7%

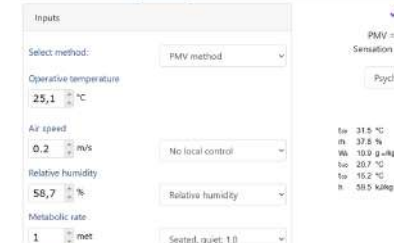
##### Opinión

A las 2:00 p. m., el aula empieza a presentar condiciones menos confortables que en la mañana. La temperatura aumenta por la acumulación de calor y la incidencia directa del sol sobre la fachada occidental.

##### ¿Cómo se siente el espacio?

El espacio se siente cómodo, aunque ligeramente húmedo. No se percibe calor excesivo, pero tampoco una sensación de frescura total, ya que el aire se siente un poco pesado.

##### Orientación



PMV = -0,37: la sensación térmica es prácticamente neutra, con una ligera tendencia a fresco.

PPD = 8%: solo una pequeña proporción de los usuarios podría sentirse incómoda.

**Comparación percepción inicial**  
En el análisis previo se observó que a las 2:00 p. m. el aula comenzaba a sentirse más cálida por la radiación solar. Sin embargo, el PMV demuestra que, con una velocidad del aire de 0,2 m/s, el espacio sigue siendo confortable.

**Hora : 5:00PM**

Temperatura : 25,2°C Humedad R : 59,3%

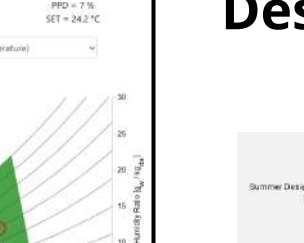
##### Opinión

A las 5:00 p. m., el aula todavía conserva parte del calor acumulado durante el día, por lo que el ambiente no se percibe tan fresco como en la mañana.

##### ¿Cómo se siente el espacio?

El aula se siente ligeramente cálida, pero aún tolerable. La humedad es moderada, por lo que la sensación de bochorno no es muy marcada, aunque el ambiente puede sentirse algo pesado si no hay suficiente ventilación.

##### Orientación

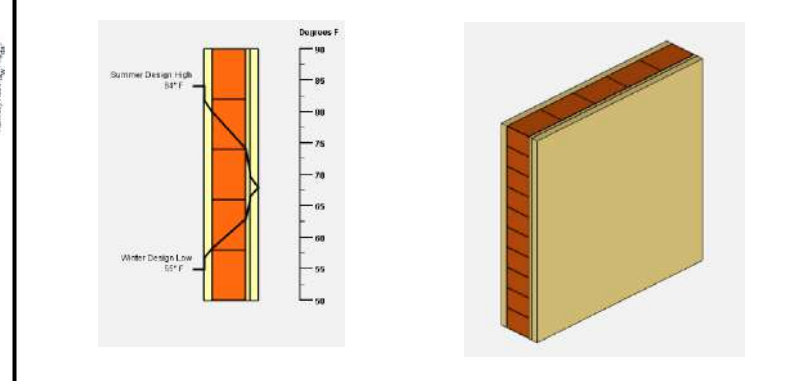


PMV = -0,33: la sensación térmica es neutra, con una ligera tendencia a fresco.

PPD = 7%: solo una pequeña proporción de los usuarios podría sentirse incómoda.

**Comparación percepción inicial**  
En el análisis previo se identificó que a las 5:00 p. m. el aula todavía conservaba parte del calor acumulado durante el día. Sin embargo, el PMV muestra que, con una velocidad del aire de 0,2 m/s, el espacio continúa siendo confortable para la mayoría de los ocupantes.

#### Desempeño térmico de materiales



#### Comportamiento térmico

7:00 a. m.: El muro conserva parte del calor acumulado del día anterior, por lo que el aula no se enfría completamente durante la noche.  
2:00 p. m.: La fachada occidental recibe la mayor carga solar; el muro absorbe parte de ese calor y retrasa su ingreso al interior.  
5:00 p. m.: El muro comienza a liberar el calor almacenado, pero la temperatura interior se mantiene dentro del rango de confort.  
**Opinión**  
El cerramiento presenta un buen desempeño térmico. Su baja transmitancia y su capacidad de almacenamiento térmico ayudan a moderar el ingreso de calor y a mantener el aula en condiciones de confort en las horas analizadas.

#### PROS

- El aula se mantiene dentro del rango de confort durante la mayor parte del día.
- El PPD es bajo en las horas de mayor temperatura.
- La ventilación mejora significativamente la percepción térmica.
- La temperatura interior no alcanza valores críticos.

#### Contras

- La fachada occidental recibe alta radiación solar en la tarde.
- A las 7:00 a. m. el espacio aún no alcanza una condición completamente neutra.
- La baja velocidad del aire puede reducir la sensación de frescura.

#### Comportamiento térmico - espacial

- 7:00 a. m.: El aula inicia la jornada con una sensación ligeramente fresca y con poca acumulación de calor.
- 2:00 p. m.: La radiación solar incrementa la temperatura interior, pero el espacio continúa siendo confortable por la velocidad del viento.
- 5:00 p. m.: Aunque el aula conserva parte del calor acumulado, las condiciones térmicas siguen siendo estables y confortables.

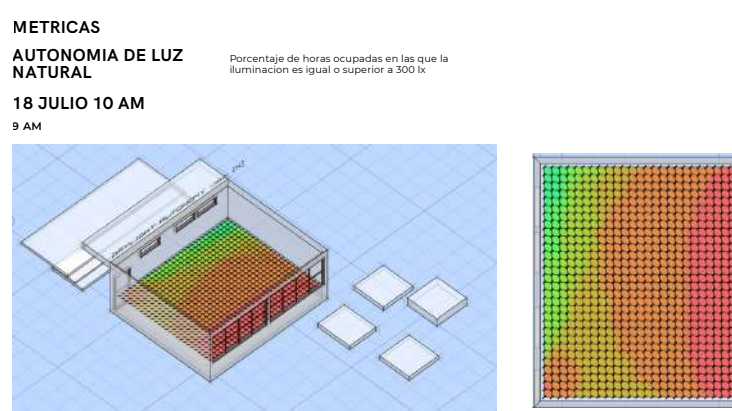
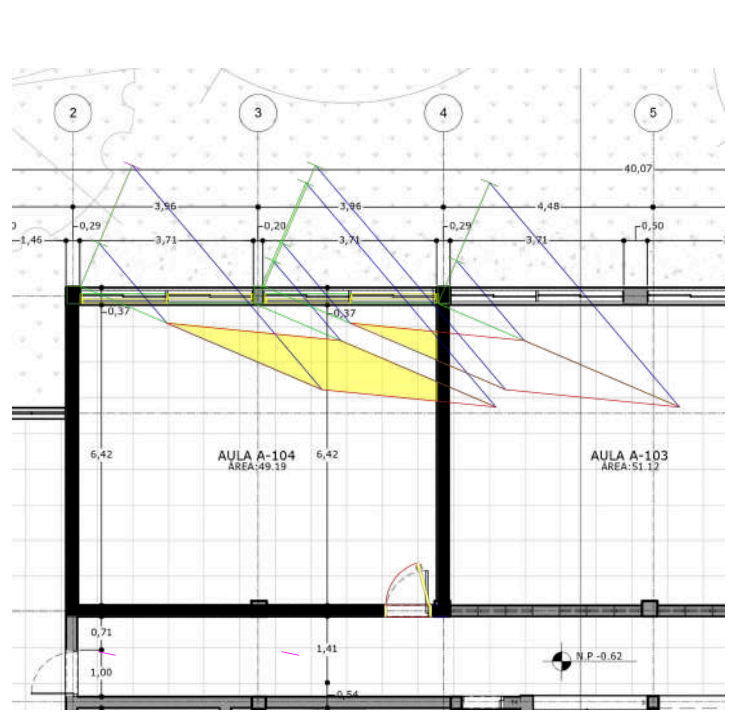
#### Opinión Profesional

Desde el punto de vista del confort térmico, el aula responde adecuadamente frente a las condiciones climáticas analizadas. Aunque la fachada occidental recibe la mayor carga solar en la tarde, la combinación entre la ventilación natural y las características térmicas de los materiales permite mantener temperaturas interiores aceptables y una sensación térmica cercana a la neutralidad.

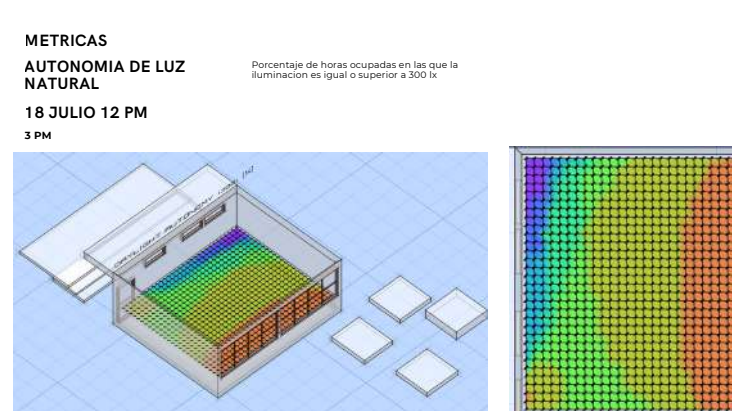
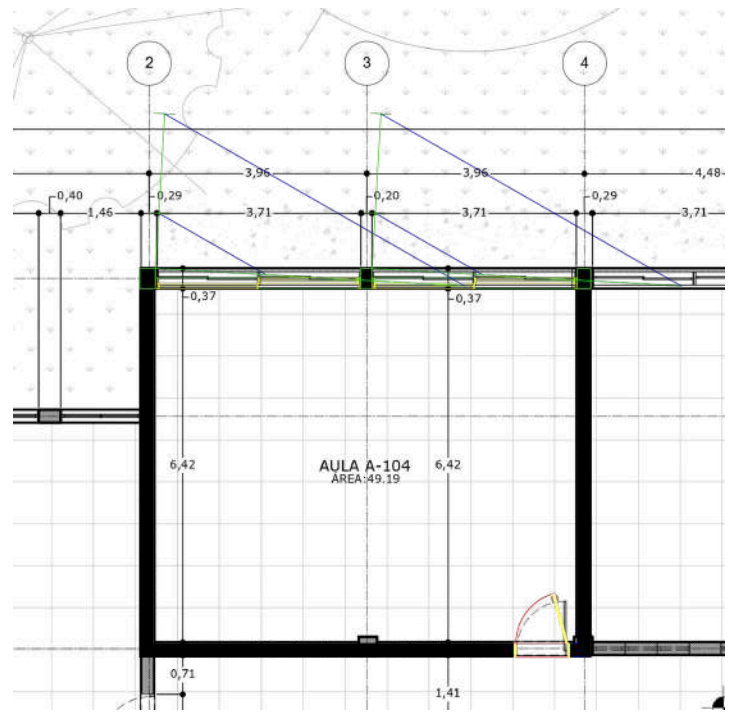
#### CONCLUSIÓN

El diagnóstico evidencia que el aula presenta un buen desempeño térmico. Aunque la orientación occidental genera una importante ganancia solar en la tarde, el espacio conserva condiciones de confort aceptables en las horas analizadas. En términos generales, el aula ofrece un ambiente térmicamente adecuado para el desarrollo de actividades académicas.

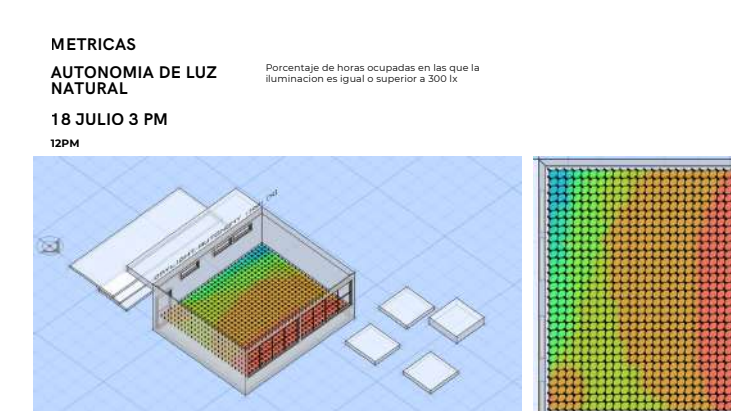
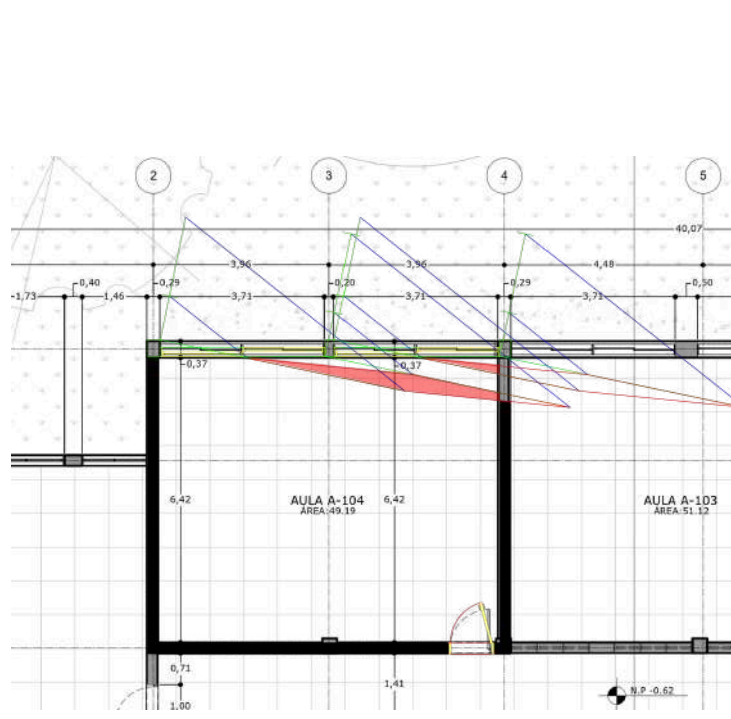
### LUMINICO



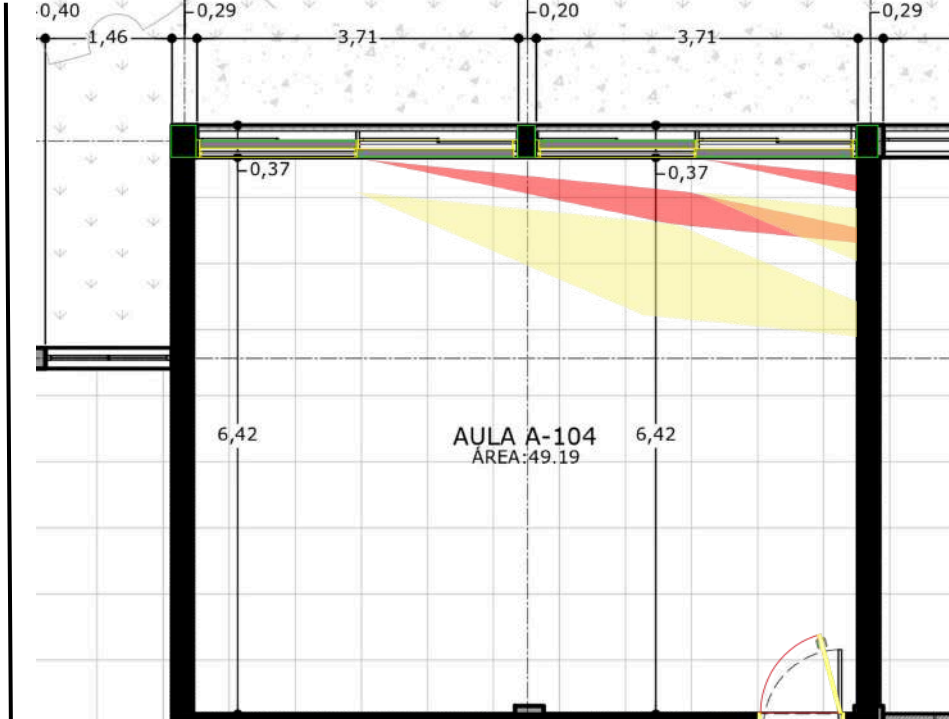
**10:00 A. M. - CAPTACIÓN INICIAL**  
EN ESTE HORARIO, LA INCIDENCIA SOLAR ES OBLICUA, PERMITIENDO UNA ENTRADA DE LUZ PROFUNDA QUE ILUMINA EL ÁREA CENTRAL DEL AULA SIN GENERAR CONTRASTES EXTREMOS. LA FACHADA ACTÚA COMO UN FILTRO EFICAZ, MANTENIENDO UN AMBIENTE DE TRABAJO ESTABLE Y CON BUENA VISIBILIDAD EN LA ZONA DE PUPITRES.



**12:00 P. M. - CENIT Y EFICIENCIA**  
EL MEDIODÍA REPRESENTA EL PUNTO DE MÁXIMA AUTONOMÍA LUMÍNICA, DONDE LA LUZ NATURAL CUBRE CASI LA TOTALIDAD DEL ESPACIO EDUCATIVO. SE OBSERVA UNA REDUCCIÓN DRÁSTICA EN LA NECESIDAD DE APOYO ARTIFICIAL, AUNQUE AUMENTA LA RADIACIÓN EN EL PERÍMETRO INMEDIATO A LA VENTANA.



**3:00 P. M. - INCIDENCIA CRÍTICA**  
A ESTA HORA SE REGISTRA LA MAYOR CONCENTRACIÓN DE LUXES EN LA FACHADA, LO QUE INCREMENTA EL RIESGO DE DESLUMBRAMIENTO Y GANANCIAS TÉRMICAS. MIENTRAS EL FONDO DEL AULA EMPIEZA A ENTRAR EN PENUMBRA, EL ÁREA CERCANA A LA VENTANA REQUIERE PROTECCIÓN SOLAR PARA MANTENER EL CONFORT VISUAL.



**CONTROL DE RADIACIÓN**  
LA GEOMETRÍA DE LAS SOMBRAS DEMUESTRA UN BLOQUEO EFECTIVO DE LOS RAYOS SOLARES DIRECTOS EN LOS PUNTOS DE MAYOR TEMPERATURA, EVITANDO EL EFECTO INVERNADERO EN EL AULA.  
**ZONIFICACIÓN LUMÍNICA**  
LA COMBINACIÓN DE CAPAS PERMITE IDENTIFICAR ÁREAS DE TRABAJO CON LUZ CONSTANTE Y ZONAS DE CIRCULACIÓN CON MAYOR SOMBRA, OPTIMIZANDO EL USO DEL ESPACIO SEGÚN LA ACTIVIDAD.  
**BALANCE DE HABITABILIDAD**  
EL TRASLAPE DE LUCES Y SOMBRAS GARANTIZA QUE EL CENTRO DEL SALÓN MANTENGA NIVELES DE ILUMINACIÓN ESTABLES SIN DEPENDER EXCLUSIVAMENTE DE SISTEMAS ELÉCTRICOS.  
**MITIGACIÓN DE GANANCIA TÉRMICA**  
LA PROYECCIÓN INCLINADA DE LAS SOMBRAS ACTÚA COMO UNA BARRERA FÍSICA QUE REDUCE LA CARGA DE CALOR EN LA FACHADA, MEJORANDO EL CONFORT CLIMÁTICO INTERIOR.  
**OPINIÓN TÉCNICA**  
LOS RESULTADOS CONFIRMAN QUE LA ENVOLVENTE RESPONDE CORRECTAMENTE AL RECORRIDO SOLAR, LOGRANDO UN EQUILIBRIO ENTRE VISIBILIDAD Y PROTECCIÓN TÉRMICA SIN SACRIFICAR LA APERTURA VISUAL DEL PROYECTO.

#### PROS

- Ahorro energético: Excelente aprovechamiento lumínico al mediodía, reduciendo el uso de lámparas.
- Transición suave: La luz se distribuye de forma gradual, evitando contrastes molestos en el centro del aula.
- Cobertura eficiente: El diseño permite que la iluminación natural alcance la mayor parte del área útil durante el día.

#### Contras

- Riesgo de deslumbramiento: Alta intensidad solar a las 3 PM que puede causar fatiga visual cerca de las ventanas.
- Zonas oscuras: El fondo del aula mantiene baja autonomía, quedando en penumbra frente a la fachada.
- Impacto térmico: Las áreas de mayor radiación podrían sobrecalentar el espacio, afectando el confort.

#### Opinión Profesional

El diseño demuestra una alta eficiencia en captación natural, reduciendo drásticamente el consumo energético. Sin embargo, la falta de uniformidad lumínica y el riesgo de deslumbramiento vespertino requieren la integración de protecciones solares técnicas. Es fundamental equilibrar el ingreso de luz con el confort térmico para garantizar un ambiente de aprendizaje saludable y productivo.

#### CONCLUSIÓN

El Aula A-104 logra una transición lumínica funcional, pero presenta retos de habitabilidad por exceso de radiación a las 3:00 p.m. La viabilidad del proyecto depende de optimizar la envolvente para mitigar ganancias térmicas y mejorar la iluminación en las zonas de penumbra, cumpliendo así con los estándares de confort y sostenibilidad.

### ACUSTICO

#### ESTADO DE REVERBERACIÓN:

EL TIEMPO DE REVERBERACIÓN OBTENIDO DE 0,673 SEGUNDOS ES UN RESULTADO SOBRESALIENTE PARA UN ENTORNO EDUCATIVO. SEGÚN ESTÁNDARES INTERNACIONALES (COMO LA NORMA ANSI O LA ISO 3382), EL RANGO IDEAL PARA UN SALÓN DE CLASES DE ESTAS DIMENSIONES OSCILA ENTRE LOS 0,6 Y 0,8 SEGUNDOS. ESTAR EN EL LÍMITE INFERIOR SIGNIFICA QUE EL AULA TIENE UNA ACÚSTICA "SECA", LO CUAL ES EL ESCENARIO ÓPTIMO PARA LA ENSEÑANZA.

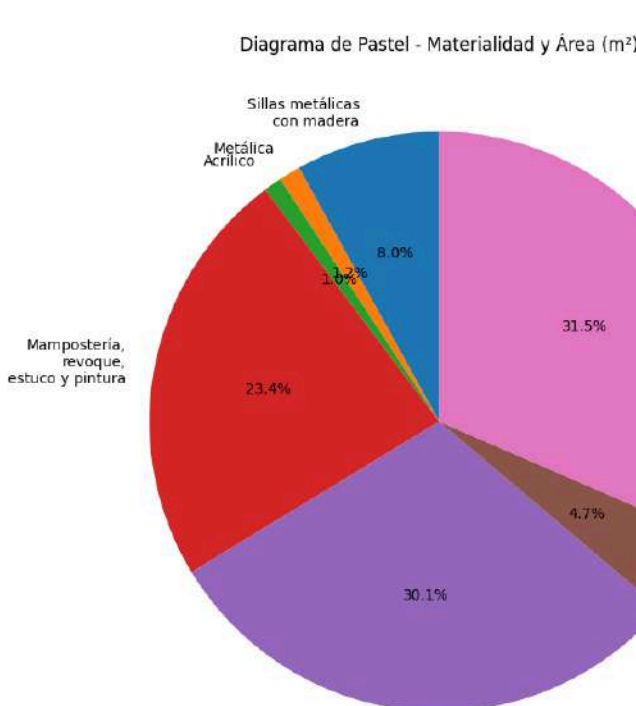
#### ANÁLISIS DE LA INTELIGIBILIDAD DE LA VOZ:

UN RT60 BAJO GARANTIZA QUE LAS ONDAS SONORAS DE LA VOZ DEL PROFESOR NO SE TRASLAPEN ENTRE SÍ, EN UN SALÓN CON MATERIALES MUY REFLECTANTES (COMO SERÍA EL CASO SI SOLO TUVIERAMOS CONCRETO Y BALDOSAS), EL ECO BORRARÍA EL FINAL DE LAS PALABRAS, CAUSANDO FATIGA AUDITIVA. CON 0,675, LA CLARIDAD DE LOS FONEMAS ES MÁXIMA, PERMITIENDO QUE UN ESTUDIANTE EN LA ÚLTIMA FILA ENTIENDA PERFECTAMENTE SIN QUE EL DOCENTE TENGA QUE ELEVAR EL TONO DE VOZ.

#### EL FACTOR DETERMINANTE (MOBILIARIO VS. ENVOLVENTA):

ES IMPORTANTE NOTAR UNA CONTRADICCIÓN TÉCNICA POSITIVA: AUNQUE LA ENVOLVENTA DEL AULA (MUROS, PISO Y TECHO) ESTÁ COMPUESTA POR MATERIALES ALTAMENTE REFLECTANTES 0,02, EL MOBILIARIO (SILLAS DE MADERA Y METAL) ESTÁ CARGANDO CON EL 82% DE LA ABSORCIÓN TOTAL DEL ESPACIO. EL COEFICIENTE DE 0,79 APLICADO A LAS SILLAS INDICA QUE ESTAS ACTÚAN COMO TRAMPAS DE SONIDO, COMPENSANDO LA DUREZA DEL CONCRETO Y LA BALDOSA.

Calculo				
Materialidad	Superficie	Área m2	Coefficientes (500Hz)	Absorción
Sillas metalicas con madera	Mobiliario	12,00	0,79	13,43
Metalica	puerta	1,80	0,01	0,02
Acricilo	Tablero	1,50	0,10	0,15
Mampostería, revoque, estuco y pintura	Muros	35,00	0,02	0,70
Revoque y pintura	Techo	45,00	0,02	0,90
Vidrio y marcos en aluminio	Ventanas	7,00	0,03	0,21
Baldosa	Suelo	47,00	0,02	0,94
<b>Total</b>				<b>16,35</b>
				<b>0,673 Reverbera</b>



#### PROS

- Máxima Inteligibilidad: La voz del profesor se escucha nítida sin esfuerzo; no hay traslape de palabras.
- Eficiencia Pasiva: Se logra un confort de alta calidad sin necesidad de paneles acústicos costosos.
- Control de Fatiga: Ambiente "seco" que reduce el cansancio auditivo de los estudiantes y el estrés vocal del docente.

#### Contras

- Fragilidad del Balance: El éxito depende del mobiliario. Sin las sillas, el aula se vuelve un "eco" insostenible por sus muros duros.
- Reflexiones Inmediatas: Al tener techo y piso lisos, el sonido rebota rápido; si el salón está vacío, la acústica empeora drásticamente.

#### Opinión Profesional

Desde la perspectiva de diseño y habitabilidad, el proyecto es un éxito de eficiencia pasiva. Es poco común que un salón de clases logre estos niveles de claridad sin recurrir a cielos rasos acústicos o paneles de fibra.

#### CONCLUSIÓN

El Aula A-104 presenta un Tiempo de Reverberación (SRT<sub>60</sub>) de 0,673 segundos, un valor que se sitúa en el rango óptimo de confort acústico para el aprendizaje (estándar de 0,6s a 0,8s). A pesar de tener una envolvente predominantemente rígida y reflectante —muros de mampostería y piso de baldosa—, el espacio logra una inteligibilidad de la voz excepcional. Esto se debe a que los elementos internos (mobiliario) compensan la falta de absorción de las superficies arquitectónicas, convirtiendo un aula estándar en un entorno de alta fidelidad acústica.

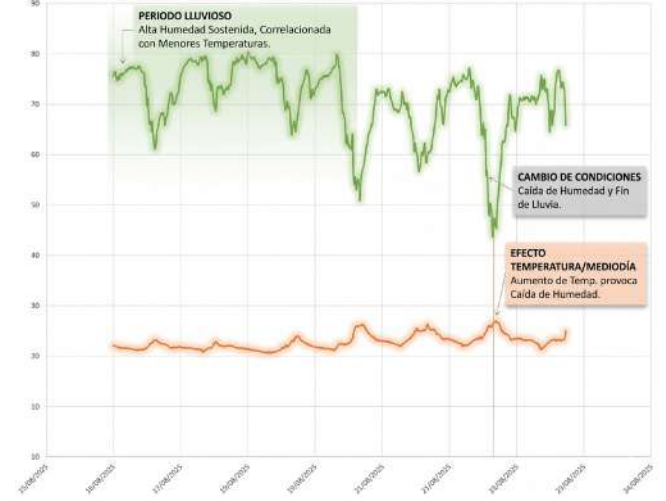
## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

### DIAGNOSTICO TERMICO

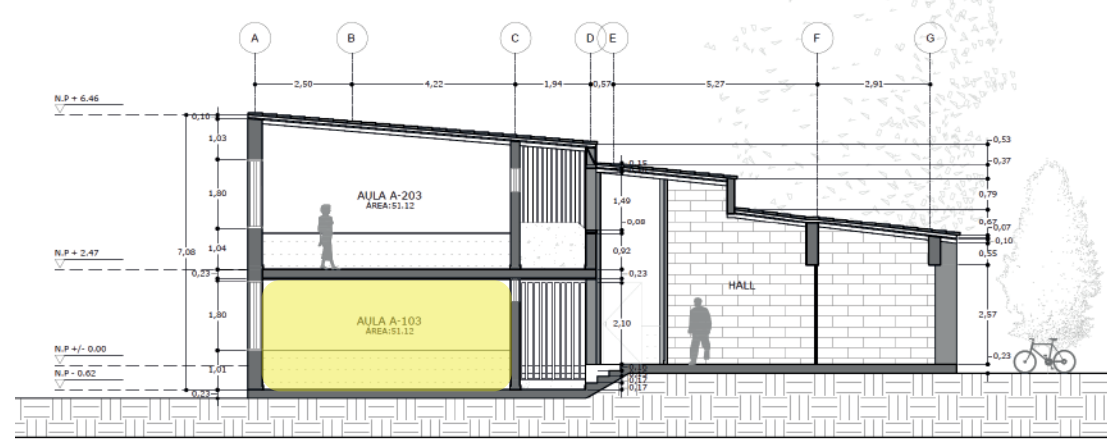
#### INTRODUCCION

Análisis térmico de la aula A - 104 de la I.E. Santa Rosa de Lima donde se analiza su confort y métricas tomadas del espacio **análisis inicial de los datos de temperatura y humedad.** El microclima dentro del aula está directamente subordinado a las condiciones climáticas exteriores, lo que indica que el espacio reacciona de forma inmediata a los cambios del entorno. Durante los episodios de lluvia, el aula retiene una alta humedad y mantiene temperaturas bajas. En contraste, al cesar las precipitaciones y despejarse el clima, la temperatura interior se eleva de manera drástica y la humedad cae.

Este comportamiento térmico, especialmente el pico de calor registrado el 22 de agosto, sugiere fuertemente que la orientación del aula evita una captación de radiación solar directa. En consecuencia, la sensación térmica para los usuarios fluctúa de manera brusca entre un ambiente húmedo-frío y uno caliente-seco, lo que evidencia que la envolvente del espacio no cuenta con el aislamiento térmico para garantizar el confort continuo.



#### Seccion Arquitectonica



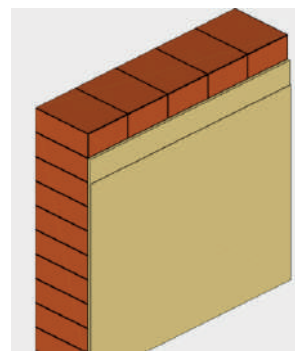
#### Análisis en CBE Thermal Comfort Tool

El análisis se realizó bajo el estándar ASHRAE 55-2023 utilizando el método PMV para evaluar la percepción de los ocupantes en diferentes franjas horarias.

Franja Horaria	PMV	PPD (%)	Sensación Térmica	Cumplimiento ASHRAE 55
6:00 AM - 8:00 AM	-1.03	27%	Un poco fresco	No cumple
12:00 PM - 5:00 PM	-0.19	6%	Neutral	Cumple
6:00 PM - 8:00 PM	-0.14	5%	Neutral	Cumple
Promedio Semanal	-0.86	20%	Un poco fresco	No cumple

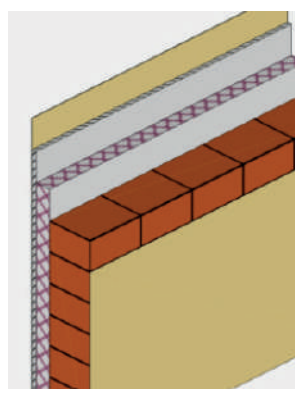
#### Estado Del Material

Después de ingresar los datos en el programa sobre el estado actual de la fachada, nos damos cuenta de que el valor U indica que la materialidad de la fachada presenta un mal aislamiento térmico, ya que es de aproximadamente 2,5. Esto nos señala que la fachada se comporta de la siguiente manera: cuando hace calor, el espacio se calienta con facilidad; y cuando hace frío, el espacio se enfría también con facilidad.



Parámetro, Valor, Unidad / Descripción	Valor	Resistencia Térmica
Espesor Total	212,0 mm	
Valor R Total	0,41	
Valor U Total	2,44	
Factor de Decremento	0,55	
Retraso Térmico, Time Lag	-5,87	

#### Estrategia posible en el Material



Espesor Total (mm)	175 mm	Mejora
Valor R Total	0,79	
Valor U Total	1,271	
Factor de Decremento	0,49	
Retraso Térmico (Time Lag)	-5,84	

#### Contras

- La envolvente del aula presenta un valor U alto, lo que indica un mal aislamiento térmico.
- El aula pierde calor fácilmente en momentos fríos y gana calor rápidamente en horas cálidas.
- Existe poca estabilidad térmica dentro del espacio, generando cambios bruscos en la percepción de confort.
- El microclima interior depende demasiado de las condiciones climáticas exteriores.
- Durante los días lluviosos el espacio se vuelve húmedo y frío, mientras que en días despejados se calienta rápidamente.
- Los materiales constructivos no ofrecen suficiente inercia térmica ni actúan como barrera aislante.
- La sensación térmica cambia constantemente entre ambientes húmedos-fríos y calientes-secos.
- El comportamiento térmico del aula afecta el confort de los usuarios a lo largo del día.
- La actividad física de los ocupantes influye directamente en la percepción térmica del espacio.
- La fachada actual en ladrillo expuesto permite una alta transmisión de calor hacia el interior.

#### Pros

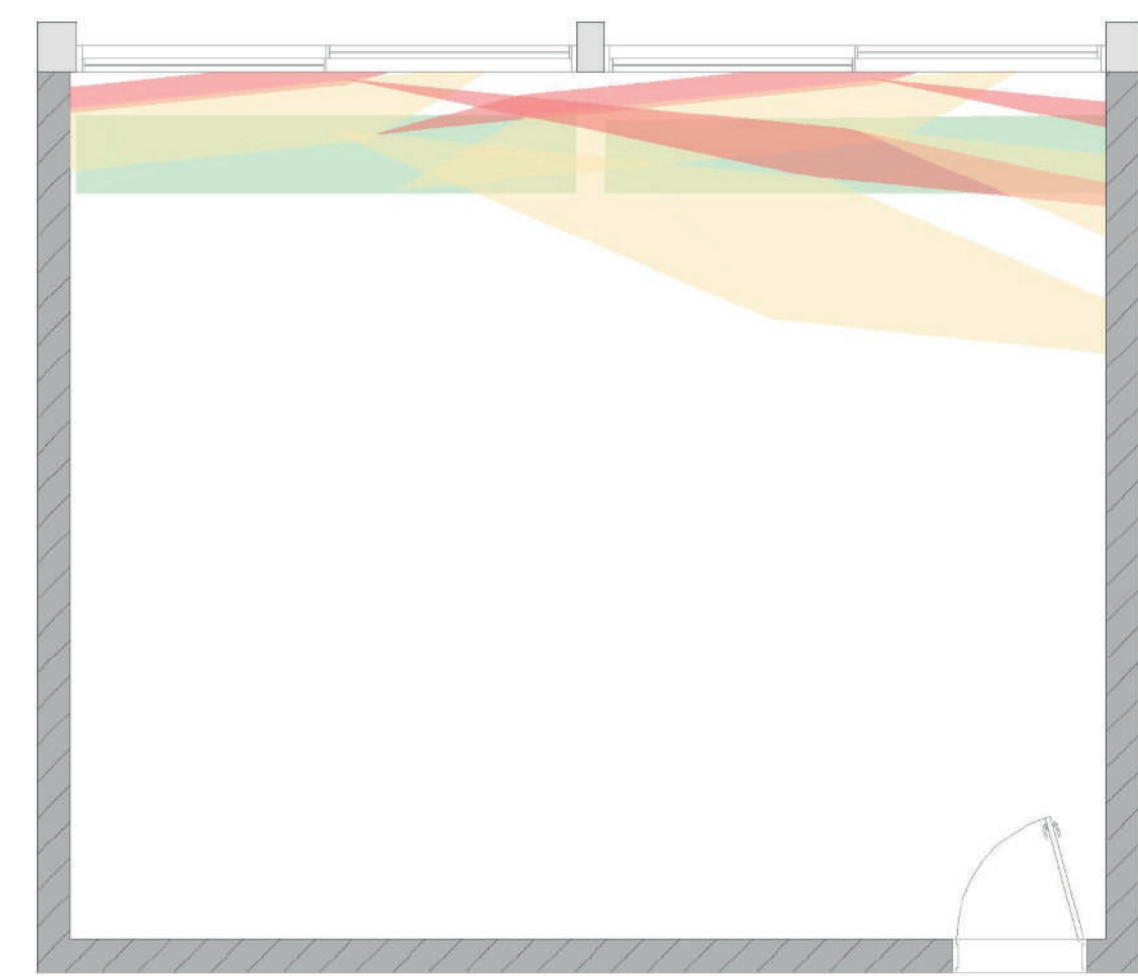
- El espacio no presenta un sobrecalentamiento extremo debido a la protección solar natural del entorno.
- La sensación térmica, aunque variable, se mantiene en rangos que no afectan gravemente el confort según el índice PMV se podría decir que es un poco fresco.
- La vegetación cercana contribuye a generar un ambiente más fresco y sombreado.
- Se identificaron estrategias de mejora, como la incorporación de poliestireno y yeso en la fachada, lo que reduce el valor U y mejora el aislamiento térmico.
- Los análisis realizados permiten entender claramente el comportamiento térmico del aula y proponer soluciones.

### DIAGNOSTICO LUMINICO

#### INTRODUCCION

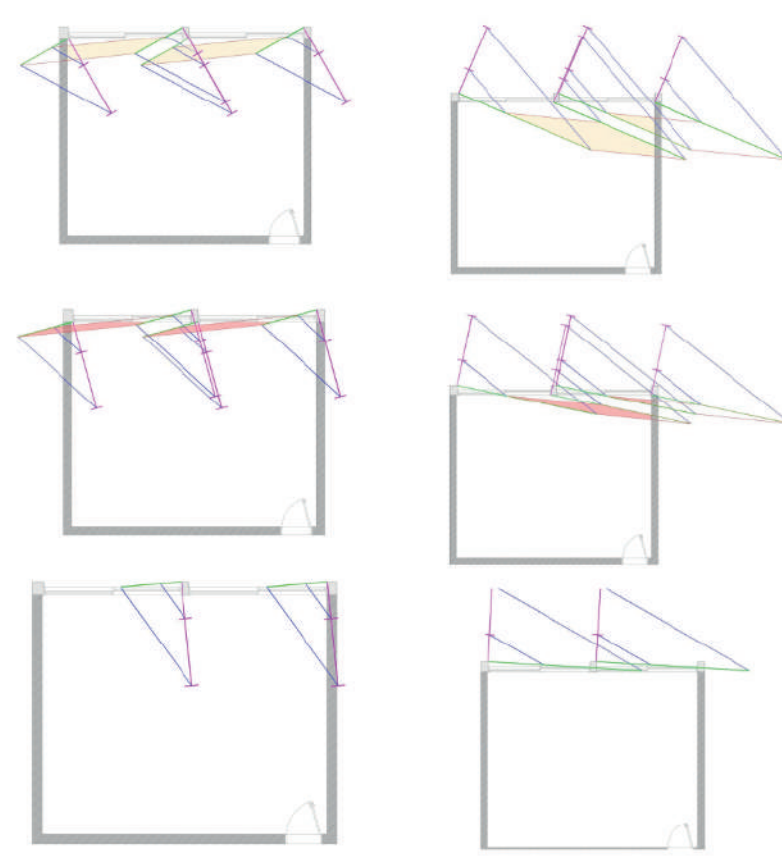
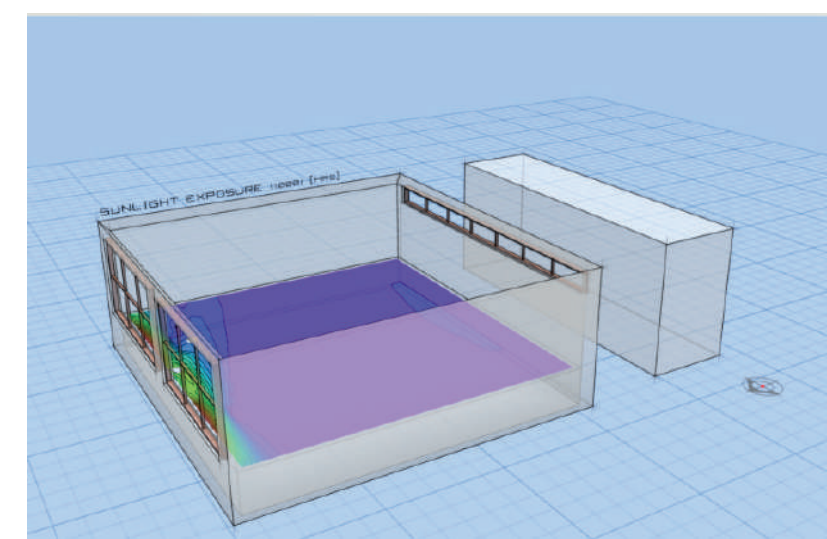
aquí se analiza la iluminación natural del espacio y a continuación, en esta imagen se han superpuesto todos los análisis realizados. A partir de ello, se evidencia que, durante la mayor parte del tiempo, la incidencia solar se concentra en el lado de las ventanas, mientras que en el sector opuesto del salón la presencia del sol es prácticamente nula.

#### DIAGRAMA DE SOMBRAS

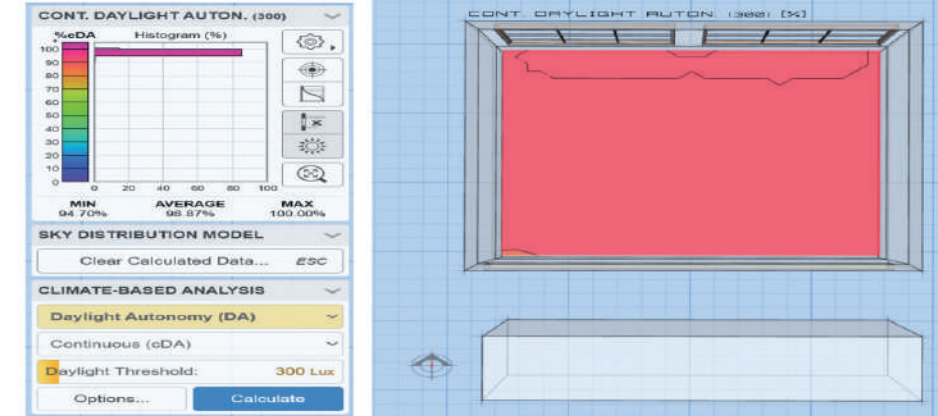


PLANTA DIAGRAMA DE SOMBRAS COMBINADA

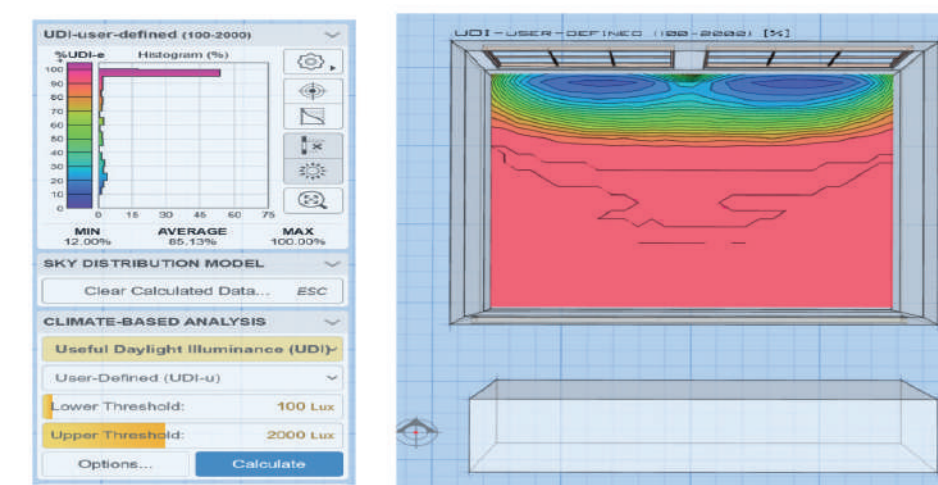
#### Modelado en el Software de Métricas



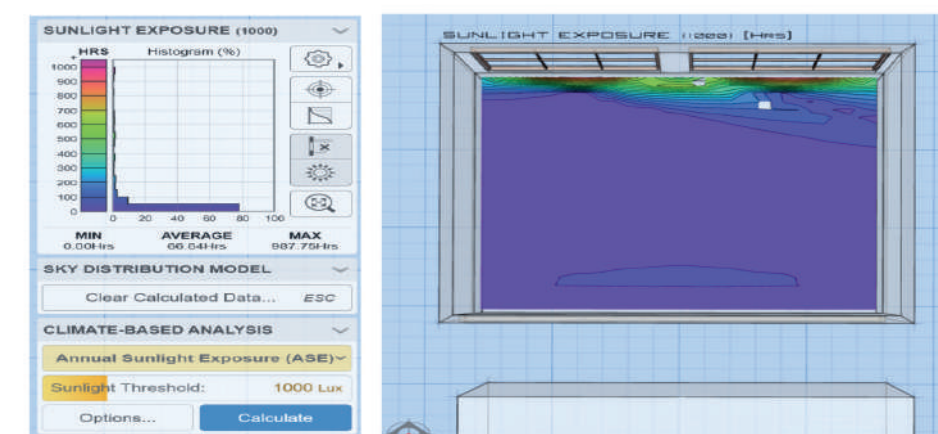
#### Métrica de autonomía de luz natural continua



#### Métrica de iluminación por luz natural util



#### Métrica de autonomía de luz natural continua



#### Contras

- En ciertos momentos del año puede ingresar luz solar directa, generando deslumbramiento en algunas zonas del espacio.
- La iluminación natural puede variar dependiendo de la época del año y de las condiciones solares.
- Los ventanales de gran tamaño pueden aumentar la ganancia de calor y afectar el confort térmico.
- En días nublados o cuando existen obstáculos externos, los niveles de iluminación pueden disminuir y requerir apoyo de iluminación artificial.
- La distribución de la luz puede no ser uniforme, haciendo que las zonas alejadas de las ventanas reciban menos iluminación.

#### Pros

- La sobreexposición solar es baja y se mantiene por debajo del límite crítico durante el año.
- El espacio cuenta con buena iluminación natural durante todas las horas de ocupación, superando los niveles mínimos recomendados de confort visual.
- La orientación norte favorece la entrada de luz difusa y constante, reduciendo el deslumbramiento y el exceso de calor.
- Los grandes ventanales permiten un buen aprovechamiento de la luz natural sin generar una sobreexposición excesiva.
- La iluminación natural ayuda a disminuir el uso de luz artificial y favorece el ahorro energético.

### DIAGNOSTICO ACUSTICO

#### Aislamiento Acústico

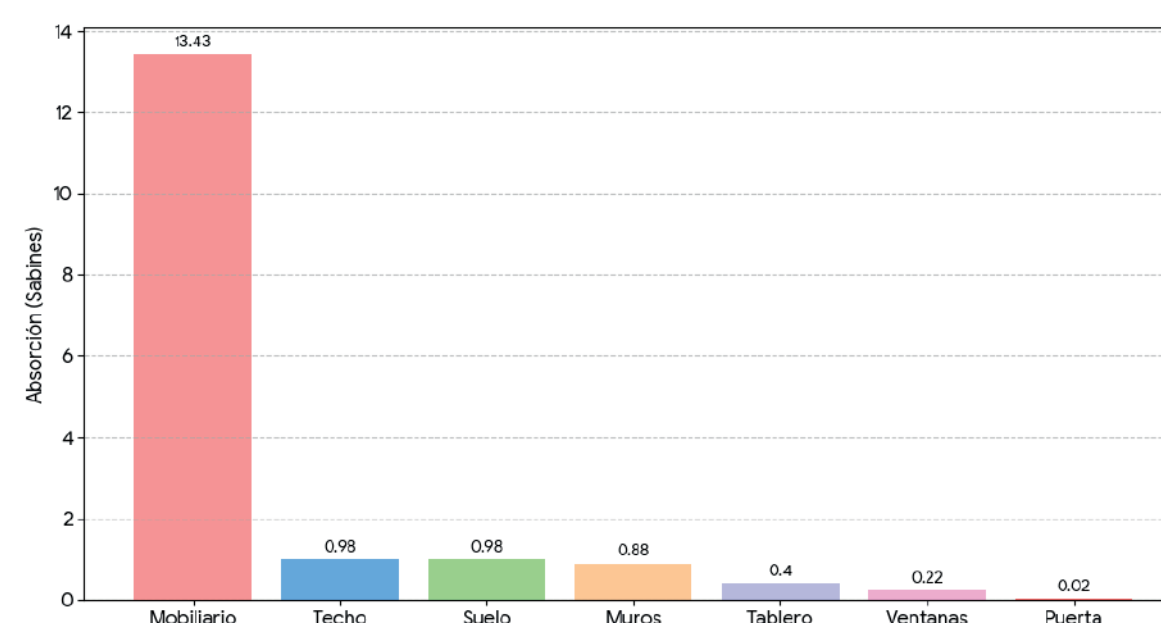
El aislamiento acústico de este salón de clase es adecuado debido principalmente a su ubicación. El salón se encuentra ubicado en un colegio del barrio La Floresta, en la ciudad de Medellín. Al estar retirado de la vía principal del colegio y encontrarse en una zona un poco aislada, se reduce considerablemente el ingreso de ruido externo al espacio. Otro aspecto favorable es su cercanía a una zona verde, lo cual contribuye a mantener un ambiente más tranquilo dentro del salón. Además, las actividades y elementos que se encuentran alrededor no generan altos niveles de ruido ni causan incomodidad para las personas que permanecen en el lugar.

Cabe aclarar que el buen aislamiento acústico de este salón no se debe principalmente a elementos técnicos o materiales especializados, sino a su ubicación y a las condiciones del entorno que lo rodea, las cuales ayudan a disminuir el ruido proveniente del exterior.

Medidas del aula	
Largo	7,67 m
Ancho	6,41 m
Altura	2,27 m
Área	49,24 m <sup>2</sup>
Volumen	111,774 m <sup>3</sup>

Aula 104 superficie y materiales Calculo de Reverberación				
superficie	Materialidad	Area m2	Coefficientes (500Hz)	Absorción
Muros	Mampostería, revoque, estuco y pinti	43,76	0,02	0,88
Techo	Revoque y pintura	49,24	0,02	0,98
Ventanas	Vidrio y marcos en aluminio	7,37	0,03	0,22
Mobiliario	Sillas metálicas con madera	17 sillas	0,79	13,43
Suelo	Baldosa	49,24	0,02	0,98
Tablero	Acrílico	4,00	0,10	0,40
Puerta	Metálica	1,93	0,01	0,02
Total de absorción				16,92
RT				0,69

Contribución a la Absorción Acústica por Superficie (Aula 104)



#### Acondicionamiento acústico

En el análisis del acondicionamiento acústico de este salón se observó que no es completamente adecuado. De acuerdo con los cálculos realizados, el tiempo de reverberación se encuentra un poco más elevado de lo recomendado para un salón de clase, lo que indica que el sonido dentro del espacio no se distribuye de la mejor manera.

Según los análisis realizados, esto se debe principalmente a varias condiciones presentes en el lugar. Una de ellas es que el salón cuenta con una gran cantidad de ventanas y rejillas, lo que permite que parte del sonido interno se escape y disminuya la calidad acústica dentro del espacio. También se observó que uno de los factores que más desfavorecen el acondicionamiento acústico son los materiales de las paredes y del suelo, ya que son superficies lisas y con poca rugosidad. Este tipo de materiales hacen que las ondas sonoras reboten con mayor facilidad, generando eco.

Por otro lado, en los cálculos realizados se identificó que el elemento que más aporta acústicamente al espacio es el mobiliario del salón, ya que este ayuda a absorber parte del sonido y a disminuir ligeramente el eco en el lugar.

#### Contras

- Acondicionamiento acústico**
- El tiempo de reverberación es más alto de lo recomendado para un salón de clase.
- La distribución del sonido dentro del espacio no es completamente adecuada.
- Las paredes y el suelo tienen superficies lisas que generan mayor rebote del sonido.
- Se produce eco debido a la reflexión de las ondas sonoras.
- Las ventanas y rejillas permiten la salida del sonido interno y afectan la calidad acústica.
- El salón no cuenta con materiales técnicos especializados para mejorar la acústica.

#### Aislamiento acústico

- El buen aislamiento depende más de la ubicación que de soluciones acústicas técnicas.
- No existen materiales especializados de aislamiento acústico en paredes, ventanas o techo.
- Si el entorno exterior cambia y aumenta el ruido, el salón podría perder calidad acústica fácilmente.

#### Pros

- Aislamiento acústico**
- El salón se encuentra alejado de la vía principal del colegio.
- La ubicación aislada reduce el ingreso de ruido externo.
- La cercanía a zonas verdes ayuda a mantener un ambiente tranquilo.
- Las actividades alrededor del salón no generan altos niveles de ruido.
- El espacio presenta una sensación de tranquilidad y poca interferencia sonora exterior.

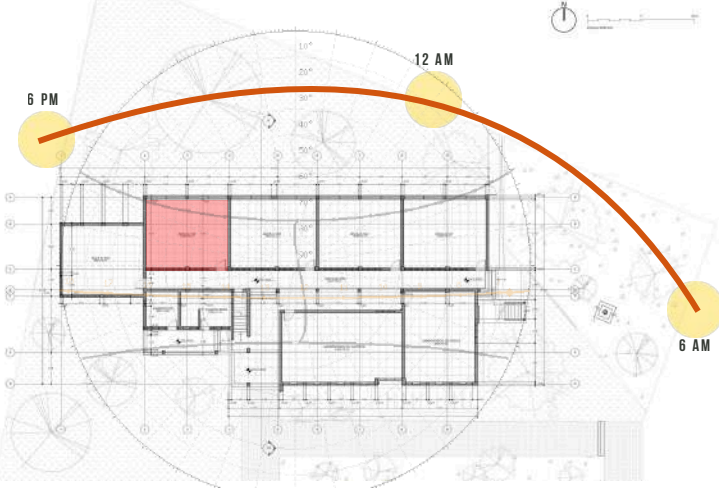
#### Acondicionamiento acústico

- El mobiliario del salón ayuda a absorber parte del sonido.
- Existe cierta reducción del eco gracias a los elementos internos del salón.
- El espacio mantiene una acústica aceptable para actividades básicas de clase.

## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

### DIAGNOSTICO TÉRMICO AULA A-104 SEMANA 2

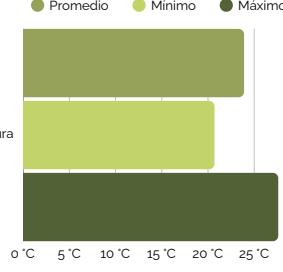
#### ANÁLISIS DE LUGAR



#### ¿Cómo se siente el espacio?

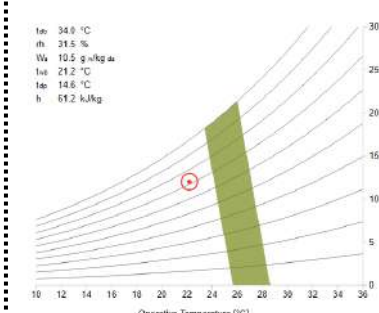
##### ¿Caliente o frío?

La temperatura promedio 24 °C se encuentra dentro del rango de confort térmico sin embargo cuando se acerca a 27-28 °C, el espacio puede sentirse ligeramente cálido. Cuando baja a 21-22 °C puede sentirse fresco, pero no frío. No parece un espacio frío, pero sí puede sentirse cálido en ciertos momentos del día.

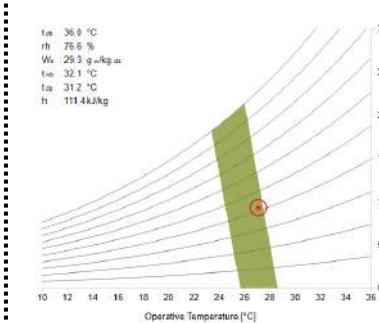


#### PMV y PPD

El PMV predice la sensación térmica media en una escala de 7 puntos (-3 a +3), mientras que el PPD estima cuántas personas estarán incómodas. El nivel de Clo utilizado es un estimado respecto al uniforme escolar de los estudiantes



Segun los datos, el 3 de agosto fue el día mas frío registrado y la tabla muestra como en las horas de la mañana la sensación de temperatura es ligeramente fría y un 33% de los estudiantes se sentirían incómodos, incumpliendo tanto el PMV como el PPD



Segun los datos, el primero de agosto fue el día mas caliente registrado y la tabla muestra como en las horas de la tarde la sensación de temperatura es neutral y un 8% de los estudiantes se sentirían incómodos, tanto el PMV como el PPD cumplen

#### ANÁLISIS OPAQUE

El muro esta orientado al occidente 90° desde el sur con una incidencia solar en las horas de la tarde



#### MURO A LAS 10:00 am JUNIO

La temperatura exterior es 19 °C. El interior está ligeramente más caliente (alrededor de 21-22 °C). La línea dentro del muro es casi lineal. No hay grandes saltos térmicos entre capas. El interior está más caliente que el exterior. El calor está fluyendo desde el interior hacia el exterior. Esto indica que el muro está disipando calor acumulado de las horas anteriores.

#### Transmitancia térmica (U = 2.85 W/m²K)

El muro permite un flujo importante de calor, Tiene baja capacidad de aislamiento. No es eficiente para control térmico pasivo.

#### Resistencia térmica baja (R = 0.35)

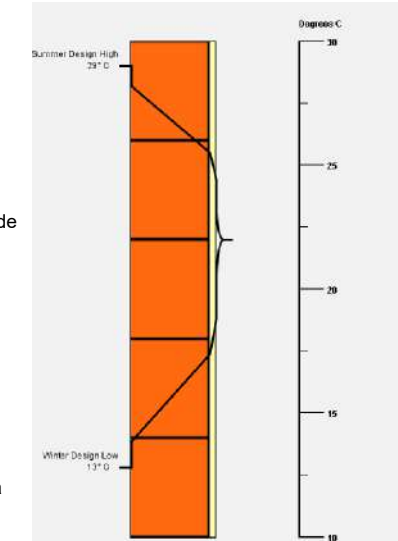
Para que el muro sea eficiente debería de tener entre 1.5 a 2.5 m²K/W en clima cálido y mas de 2.5 m²K/W en clima frío

#### El desfase Térmico es de 3h

Es poco ya que en clima cálido como Medellín se recomienda de 6 a 8 horas para que el calor llegue en la noche cuando la temperatura es baja

#### Factor de decremento (0.8)

Se transmite un 80% de la onda termica exterior lo ideal es 0.3-0.5 lo que indica que no amortigua la onda termica



- 187mm
- Revoque fino (Plaster): 7 mm
- Placa de yeso (Gypsum Board): 10 mm
- Aislamiento térmico: 50 mm
- Ladrillo: 120 mm

#### Verano (29 °C exterior)

- El aislamiento frena la transferencia de calor.
- La mayor carga térmica ocurre en la capa aislante.
- Reduce el riesgo de sobrecalentamiento comparado con el muro sin aislamiento.
- El aislamiento evita que el calor interior se pierda rápidamente.
- Mantiene mejor el confort térmico interior.

#### Invierno (13 °C exterior)

- El aislamiento evita que el calor interior se pierda rápidamente.
- Mantiene mejor el confort térmico interior.

#### COMPARACIÓN CON EL MURO ANTERIOR

Parámetro	Muro	Muro con aislamiento
U	2.85	1.11
Time Lag	3 h	5.5 h
Control	Bajo	Medio
Deficiencia	Alto	Aceptable

#### PROS

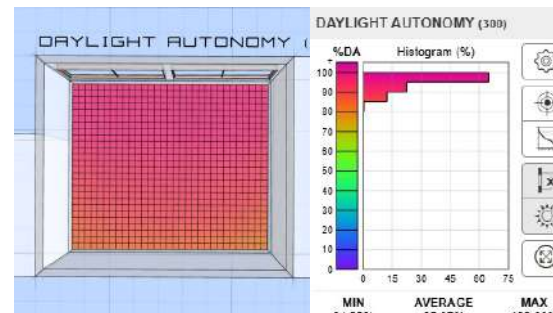
- PMV dentro de rango la mayor parte del día
- PPD sin alto porcentaje de discomfort
- El confort térmico en las mañanas puede mejorarse fácilmente mediante el uso de prendas adicionales, como un saco.
- La estabilidad térmica durante la tarde favorece la permanencia y concentración de los usuarios dentro del aula.

#### CONTRAS

- En las horas de la mañana el aula no alcanza las condiciones ideales de confort térmico.
- La combinación de temperaturas moderadamente bajas y alta humedad genera una percepción ambiental ligeramente fría.
- Cuando la temperatura aumenta a 27-28 °C, el espacio puede percibirse ligeramente cálido.
- Si la velocidad del viento aumenta incluso hasta una ligera brisa, el aula vuelve a incumplir los índices PMV y PPD.

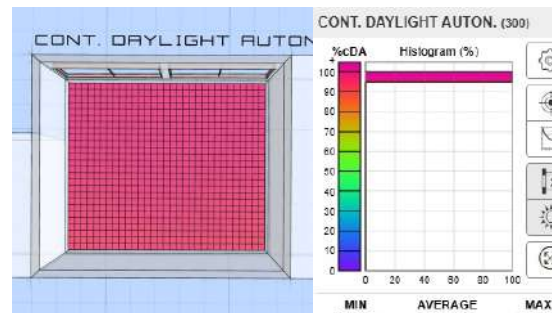
### DIAGNOSTICO LUMÍNICO AULA A-104 SEMANA 2

#### Autonomía de la luz natural (DA)



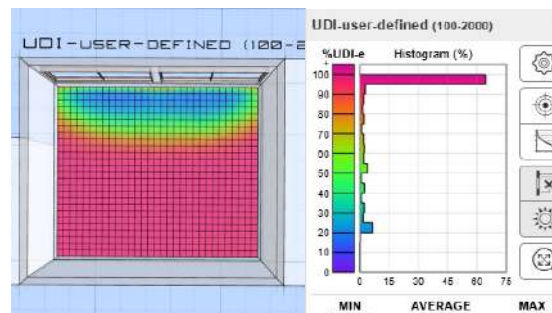
A lo largo de la mayor parte del año, dentro del horario analizado, el lado donde están las ventanas se presenta una autonomía de luz natural prácticamente total (zona magenta, entre el 95% y el 100% del tiempo), lo que la hace óptima para prescindir de iluminación artificial. Hacia el área cercana a la puerta del salón, el porcentaje de celdas disminuye ligeramente, evidenciándose en tonos naranjas y amarillos. Sin embargo, esta variación no implica deficiencia lumínica en dicha zona. El alto porcentaje general (con un mínimo de 84.39%) demuestra que en toda el área se supera el umbral de 300 lux durante la mayor parte del tiempo.

#### Autonomía continua de la luz natural (cDA)



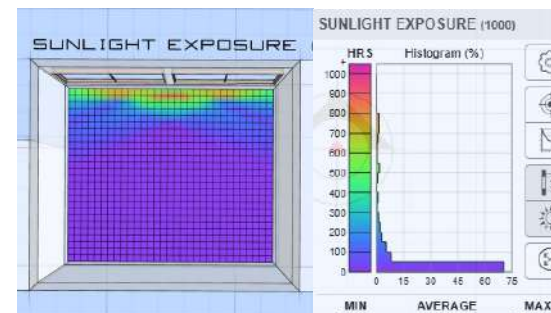
La distribución de color uniforme indica que la iluminación es alta y homogénea en toda el área, lo que evidencia un desempeño muy alto en iluminación natural. Esto significa que, durante casi todas las horas de uso, el espacio alcanza o se acerca a los 300 lux. Además, cuando no se llega a ese valor, la iluminación sigue siendo útil, ya que el análisis considera aportes parciales, esto sugiere que el espacio depende muy poco de iluminación artificial durante el día.

#### Iluminancia por luz natural útil (UDI)



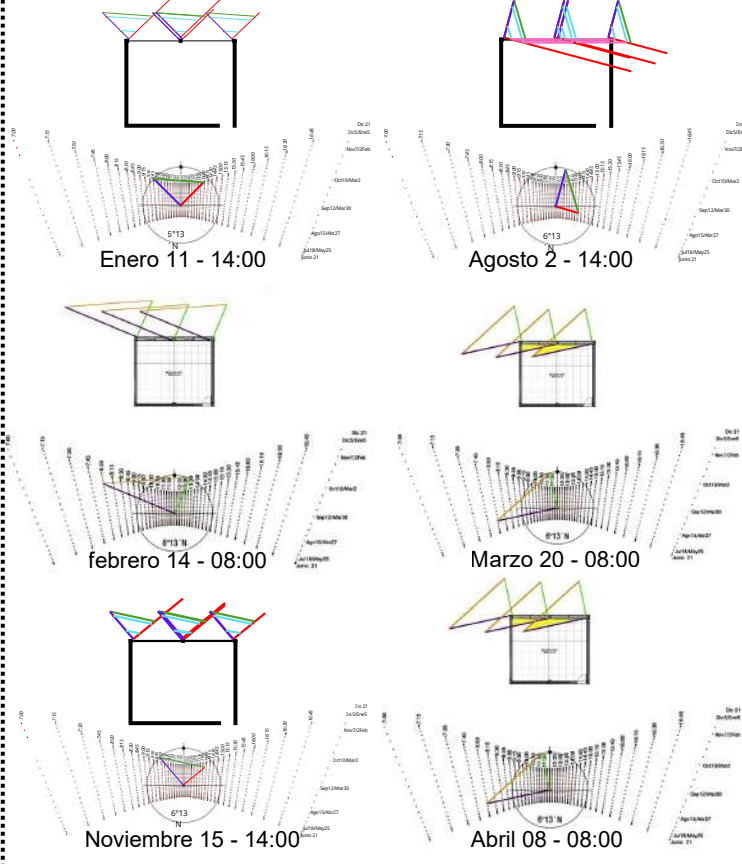
Durante casi todo el año en el horario evaluado, el fondo de la habitación recibe niveles de luz perfectos (ENTRE 100 LUX y 2000 LUX) siendo suficiente para la realización de actividades sin ser excesivo, en el sector de la ventana el porcentaje de celdas disminuye y aparecen todos verdes y azules. esta zona no sufre por falta de luz, sino por exceso. El bajo porcentaje indica que la luz supera la barrera de los 2000 lux la mayor parte del tiempo

#### Exposición anual a la radiación solar (ASE)



Durante casi todo el año, en el horario analizado, el fondo de la habitación recibe una exposición casi nula a la radiación solar directa (entre 0 y 100 horas), lo que lo hace ideal para llevar a cabo actividades sin riesgo de deslumbramiento o sobrecalentamiento. Sin embargo, en el área de la ventana, las horas de exposición aumentan drásticamente, y se observan colores azules, verdes, amarillos y rojos. Esta zona experimenta una alta incidencia de sol directo. El elevado número de horas indica que la radiación solar supera los 1000 lux durante gran parte del tiempo, mas específicamente durante 866 horas de las 3600 evaluadas. cuando el criterio es que no sea mayor a 250 horas

#### Análisis de sombras



El análisis de sombras muestra que el aula mantiene buena protección solar durante gran parte del año, especialmente en enero y noviembre, cuando el interior permanece sombreado. Sin embargo, entre febrero y abril aumenta la entrada de luz solar directa, mejorando la iluminación natural pero generando posibles problemas de deslumbramiento y mayor carga térmica.

#### PROS

- El aula presenta un excelente aprovechamiento de la iluminación natural durante la mayor parte del año.
- La DA y la cDA evidencian niveles de iluminación altos y homogéneos en casi todo el espacio.
- La mayoría del aula mantiene niveles de luz útiles y confortables para actividades académicas según el análisis UDI.
- La necesidad de iluminación artificial durante el día es muy baja.

#### CONTRAS

- En la zona cercana a las ventanas se presenta exceso de iluminación natural.
- El análisis UDI muestra que en sectores de fachada se superan frecuentemente los 2000 lux.
- El ASE evidencia una sobreexposición solar muy alta cerca de las ventanas, superando ampliamente las horas recomendadas.
- La incidencia directa del sol en abril puede generar deslumbramiento dentro del aula.

### DIAGNOSTICO ACÚSTICO AULA A-104 SEMANA 2

#### Análisis de Tiempo de Reverberación

Elemento	Absorción
Paredes	0.50
Piso	0.50
Ventanas	1.82
Techo	0.49
Puerta	0.04
Mobiliarios	0.42
Personas	16

Tiempo de reverberación sin personas  
RT=0,161(145.4/3.77)  
RT=6,20

Tiempo de reverberación con personas  
RT=0,161(145.4/19.77)  
RT=1.18

#### Conclusión

El análisis evidencia que el recinto depende excesivamente de la ocupación humana para alcanzar un confort acústico aceptable. En estado vacío, el espacio posee una reverberación excesiva causada por materiales poco absorbentes. Por ello, sería recomendable incorporar superficies acústicas permanentes como:

- paneles fonoabsorbentes
- mobiliario tapizado
- cortinas
- elementos textiles
- cielos rasos acústicos
- revestimientos porosos

para estabilizar el comportamiento acústico independientemente de la cantidad de personas presentes.

#### Análisis y Comparación del RT

Aunque el tiempo de reverberación bajó drásticamente, todavía estamos por encima de lo ideal para un entorno de aprendizaje.

- Estándar para aulas: El rango óptimo es de 0,5 a 0,7 segundos.
- Comparativa: Con 1,18 segundos, el aula ha mejorado mucho, pero sigue teniendo una reverberación moderada. Esto se traduce en un ambiente donde todavía existe algo de "eco" que puede dificultar la comprensión si el profesor habla rápido o si hay ruido de fondo (estudiantes murmurando).

#### Justificación del Comportamiento

##### ¿Por qué bajó tanto el tiempo?

- Absorción de la audiencia: Las personas, debido a nuestra ropa y a la porosidad de los tejidos, tenemos un coeficiente de absorción muy alto a 500 Hz (mucho mayor que el hormigón o el ladrillo). Al entrar el grupo al salón, añadiste una gran cantidad de "Sabinios" (unidades de absorción) al cálculo de A<sub>t</sub>.
- Difracción: Los cuerpos de las personas también actúan como difusores, rompiendo las ondas sonoras y evitando que reboten limpiamente entre el suelo y el techo.
- Conclusión: El salón "vacío" es acústicamente inhabitable, pero "lleno" se vuelve mucho más funcional, aunque no perfecto.

#### PROS

- Mejora drástica de la habitabilidad: Al reducir el tiempo de 6,9s a 1,18s, el espacio pasa de ser un lugar donde es imposible comunicarse a uno donde, al menos, se puede mantener una clase.
- Aporte de absorción "gratuita": Las personas y su vestimenta actúan como unidades de absorción (Sabines) muy eficientes sin necesidad de inversión económica en materiales adicionales.
- Ambiencia para música: Para actividades específicas como el canto coral o presentaciones musicales dentro del aula, un RT de 1,1s ofrece una sonoridad rica y envolvente que ayuda a proyectar mejor la voz artística.

#### Diagnóstico y Propuesta de Mejora Final

El diagnóstico actual es que el salón depende de estar lleno para ser cómodo. Esto es un problema, porque si hay pocos estudiantes en una clase, la acústica volverá a empeorar.

Propuesta técnica para llegar al 0,6s ideal:

- Tratamiento permanente: No podemos confiar solo en las personas. Se recomienda instalar paneles de fibra mineral en el techo o paneles de madera ranurada con lana de roca detrás.
- Ubicación estratégica: Colocar material absorbente en la pared del fondo para eliminar el "eco flotante" que rebota hacia el profesor.
- Beneficio: Con estas mejoras, el RT se mantendría estable (cerca de los 0,6s - 0,7s) sin importar si el salón está lleno o a media capacidad, garantizando que todos los estudiantes escuchen con claridad.

#### CONTRAS

- Dependencia del aforo: La acústica es inestable; si asisten pocos alumnos, el eco vuelve a subir y el salón se vuelve inhabitable.
- Baja inteligibilidad: El tiempo de 1.18s supera el rango ideal (0.5s - 0.7s), lo que dificulta entender claramente cada palabra del profesor.
- Fatiga auditiva: Tanto docentes como alumnos deben realizar un mayor esfuerzo mental para procesar el sonido, lo que genera cansancio y falta de concentración.
- Amplificación de ruidos: El murmullo y el movimiento de sillas tardan más en desaparecer, aumentando el ruido de fondo general del aula.

Alejandro Calderón, Andrea Vargas, Laura Rodriguez



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA®

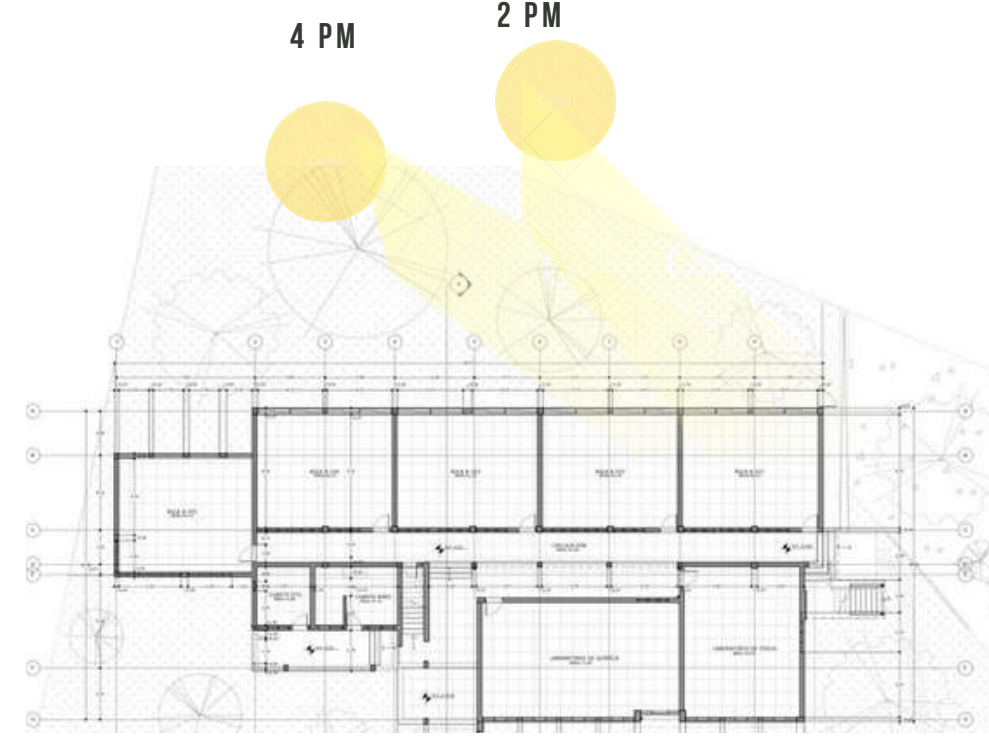
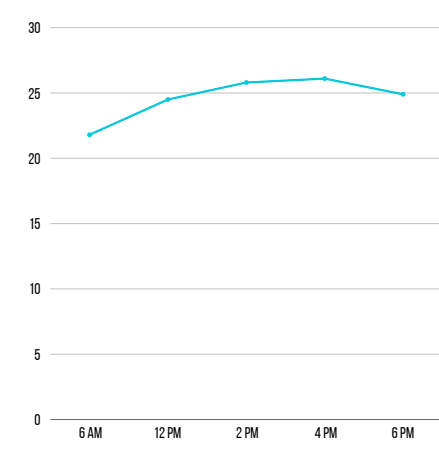


## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

### DIAGNÓSTICO TÉRMICO AULA A-101

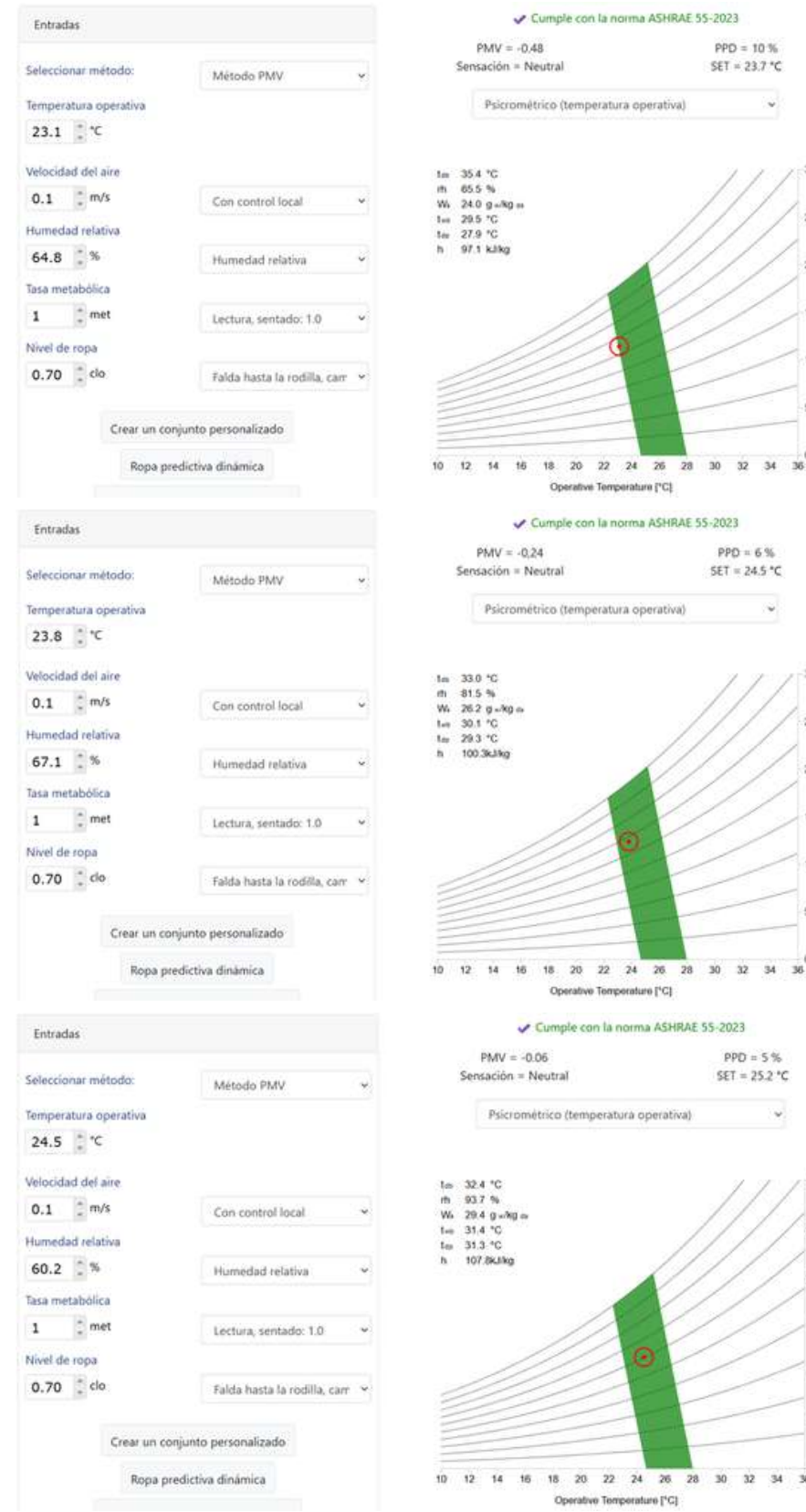
MÉTRICA	MAÑANA	TARDE	NOCHE
Temperatura	23.1°C	24.5°C	23.8°C
Humedad R.	648%	60.2%	671%

- Comportamiento diario:**
- Madrugada:** El aula se estabiliza cerca de los 24°C con humedad alta (>68%).
- Día:** A medida que sube la temperatura hacia los 25.5°C - 26°C, la humedad baja proporcionalmente hasta un 55%.



- Al tener una inclinación hacia el Oeste, el aula recibirá radiación solar directa durante las últimas horas de la tarde. Esto explica por qué los picos de temperatura en los datos suelen ocurrir entre las 14:00 y las 16:00.

### PMV - PPD UNIFORME FEMENINO



#### MAÑANA

- Análisis:**
- El PMV de -0.48 indica una ligera tendencia al frío, pero aún dentro del rango aceptable.
- El PPD de 10 % está justo en el límite superior permitido.
- El espacio se encuentra técnicamente en confort, aunque cercano al límite inferior.

#### Interpretación arquitectónica:

En horas de la mañana el aula tiende a sentirse ligeramente fresca, pero todavía confortable. La humedad es relativamente alta, pero la temperatura baja compensa esa sensación.

#### TARDE

- Análisis:**
- El PMV de -0.06 está prácticamente en 0, es decir, equilibrio térmico.
- El PPD de 5 % es el valor mínimo del modelo, indicando excelente nivel de satisfacción.
- El espacio se encuentra en su punto óptimo de confort térmico durante la tarde.

#### Interpretación arquitectónica:

En horas de la tarde el aula alcanza su mejor desempeño térmico. La combinación entre temperatura y humedad genera una condición muy cercana a la neutralidad total.

#### NOCHE

- Análisis:**
- El PMV de -0.24 está más cercano a 0, es decir, mayor neutralidad térmica.
- El PPD baja a 6 %, lo que indica mejor nivel de satisfacción.
- El confort mejora ligeramente respecto a la mañana.

#### Interpretación arquitectónica:

Durante la noche el espacio se estabiliza térmicamente, mostrando mejores condiciones de confort. Aunque la humedad aumenta, la temperatura se mantiene en un rango óptimo.

### DESEMPEÑO TÉRMICO DE LOS MATERIALES

#### FACHADA ESTE

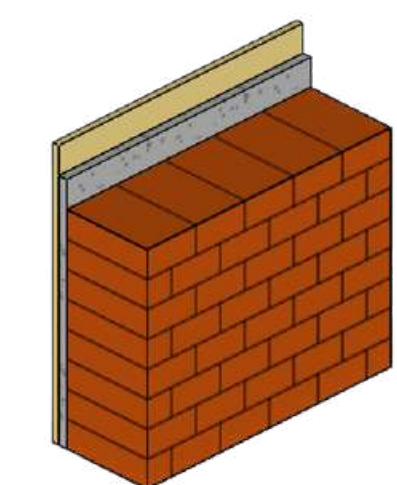
#### MURO CON MAYOR GANANCIA TÉRMICA POR RADIACIÓN

- Espesor total:** 29.5 cm
- Valor R:** 0.49 m²·K/W
- Valor U:** 2.055 W/m²·K
- Decrement Factor:** 0.36
- Time lag:** -8.44 h

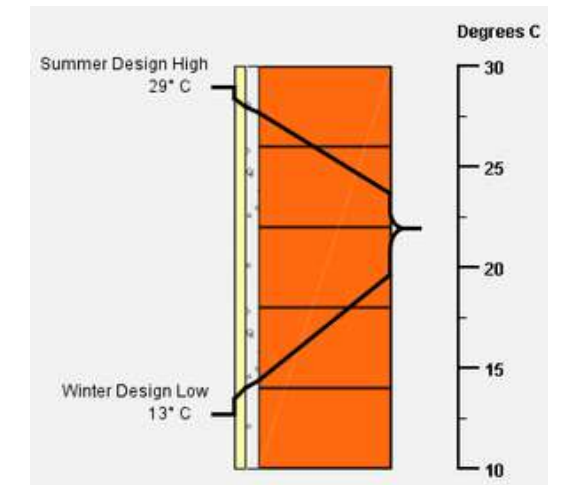
Orientation (Degrees from South):	-90.0
Tilt (Degrees from Horizontal):	90.0
Surface Absorptivity (%):	70.0
Ground Reflectance (%):	20.0
Total Thickness (mm):	295.0
Total R Value:	0.49
Total U Value:	2.055
Decrement Factor:	0.36
Time Lag:	-8.44

Material	mm	R Value
Inside Air Film (wall)	0.0	0.12
Brick	250.0	0.28
Concrete	25.0	0.02
Stucco	20.0	0.03

#### AXONOMETRICO



#### SECCIÓN



### CONCLUSIÓN DE VARIABLES PROS

- Buena inercia térmica del ladrillo macizo.
- Estabilidad diaria de temperatura.
- PMV dentro de rango aceptable la mayor parte del día.
- Bajo porcentaje de insatisfechos (PPD ≤ 10% en la mayoría de casos).
- Time lag favorable (desfase térmico adecuado).

### CONTRAS

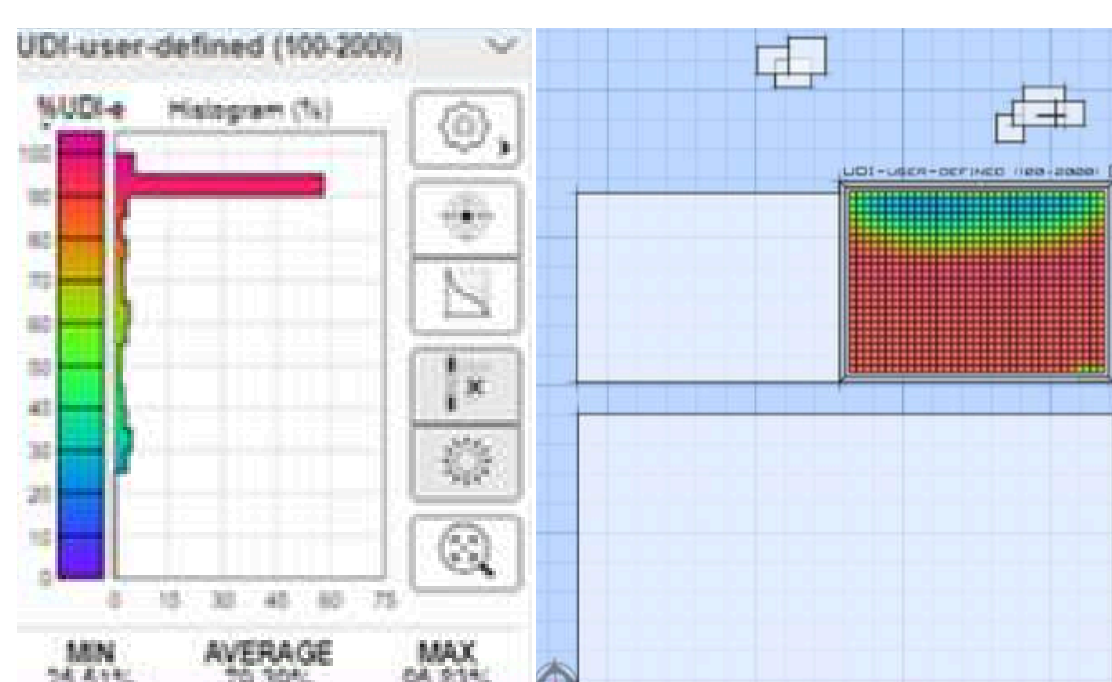
- Fachada oeste con alta ganancia solar.
- Aislamiento térmico insuficiente (Valor U alto).
- Humedad relativa elevada constante.
- Muy baja velocidad del viento.
- Posible acumulación térmica en ocupación máxima.

### DIAGNÓSTICO LÚMINICO AULA A-101



#### ANATOMÍA DE LA LUZ NATURAL (DA)

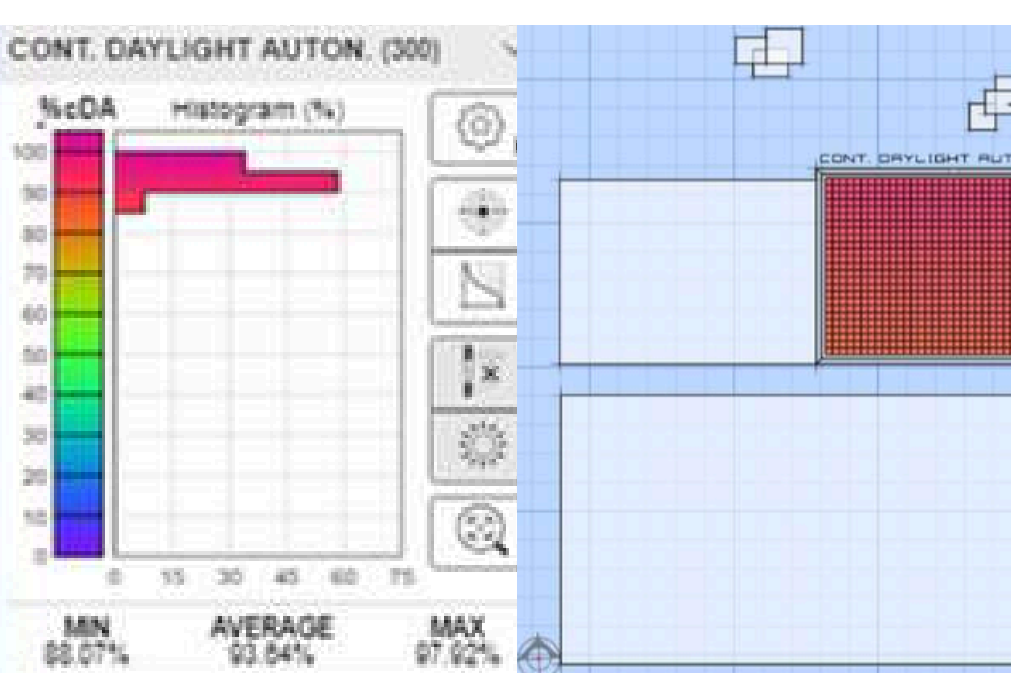
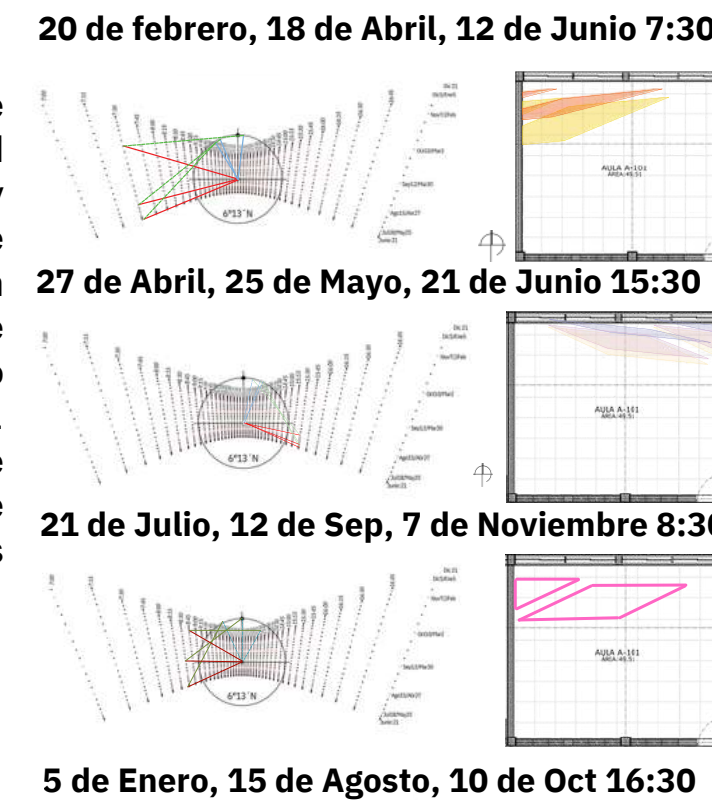
**Análisis:** La gráfica de DA presenta un promedio aproximado de 88.80%, con valores máximos cercanos al 98.68%. Esto significa que la mayoría de los puntos del espacio reciben al menos 300 lux durante casi todo el tiempo de ocupación anual. En términos prácticos, el espacio puede funcionar gran parte del día sin necesidad constante de iluminación artificial.



#### ILUMINANCIA POR LUZ NATURAL ÚTIL (UDI)

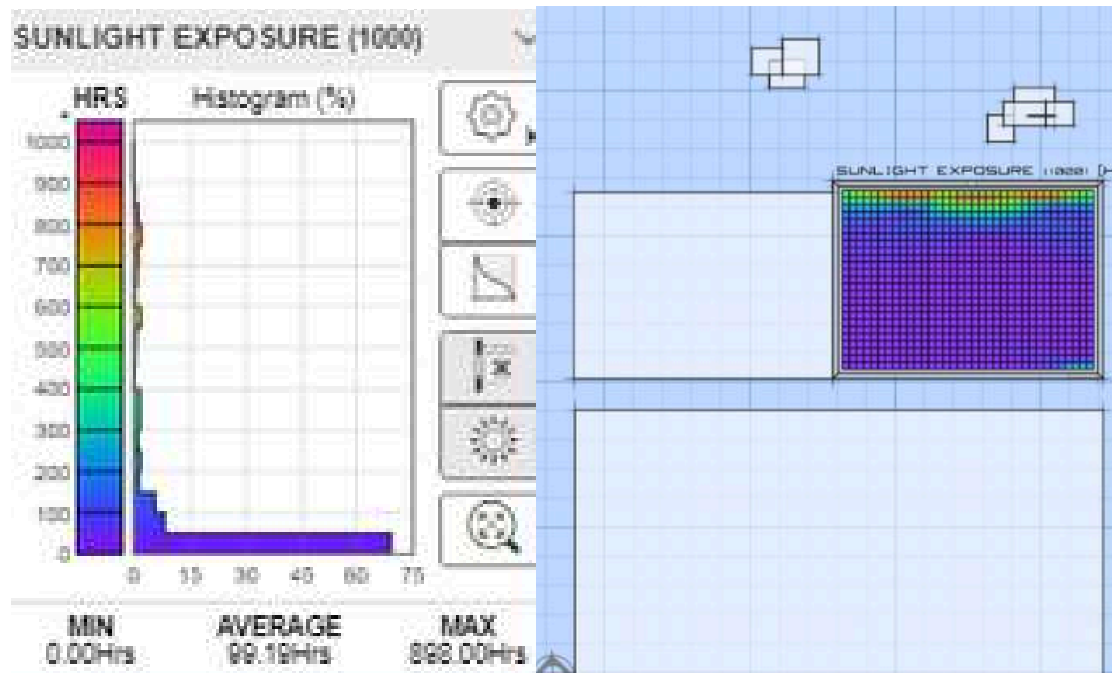
**Análisis:** El análisis UDI muestra un promedio de 79.39%, indicando que la mayor parte del espacio recibe niveles adecuados y confortables de iluminación natural. Aunque cerca de las ventanas se presentan zonas con posible sobreiluminación y riesgo de deslumbramiento, el resto del espacio mantiene condiciones visuales equilibradas. En general, el aula tiene una buena calidad de luz natural, pero sería recomendable incorporar estrategias de control solar en las áreas próximas a la fachada.

#### ANÁLISIS CON DIAGRAMA DE SOMBRAS



#### AUTONOMÍA CONTINUA DE LA LUZ NATURAL (CDA)

**Análisis:** Se evidencia una distribución aún más uniforme que el DA, mostrando que incluso las zonas más alejadas de la ventana continúan recibiendo iluminación útil durante gran parte del tiempo. Esto demuestra que el espacio no solo cumple con niveles mínimos de iluminación, sino que mantiene una calidad lumínica constante y estable.



#### EXPOSICIÓN ANUAL A LA RADIACIÓN SOLAR (ASE)

**Análisis:** La gráfica de ASE presenta un promedio aproximado de 99.19 horas, muy por debajo del límite crítico de 250 horas establecido en estándares como LEED. Esto significa que, aunque existe entrada importante de luz natural, la exposición excesiva al sol directo es relativamente baja. Las zonas críticas aparecen únicamente cerca de la abertura, donde la radiación solar incide con mayor intensidad. Sin embargo, estas áreas no alcanzan niveles problemáticos de sobreexposición anual.

El análisis conjunto evidencia un buen control solar, ya que la orientación y las obstrucciones limitan la entrada de radiación directa. A pesar de esto, el espacio mantiene un buen desempeño lumínico gracias al aprovechamiento de luz natural difusa, aunque con una distribución más intensa cerca de la abertura.

### CONCLUSIÓN DE VARIABLES PROS

- Reducción del uso de iluminación artificial durante gran parte del año.
- Mayor eficiencia energética y ahorro de consumo eléctrico.
- Buen aprovechamiento de la luz natural en el aula.
- Menor probabilidad de deslumbramiento en la mayoría del recinto.
- Buen confort térmico y visual general.
- El UDI indica que gran parte del espacio mantiene niveles útiles de iluminación natural.

### CONTRAS

- La iluminación natural no se distribuye de forma completamente homogénea.
- La luz se concentra principalmente cerca de las aberturas.
- Disminución progresiva de iluminación hacia el interior del aula.
- Necesidad de incorporar estrategias de control solar complementarias.
- Requerimiento de mejorar la uniformidad lumínica del espacio.

### DIAGNÓSTICO ACÚSTICO AULA A-101

Absorción	Valor
Absorción del piso	A= 0.02 (49.50) = 0.99
Absorción del techo	A= 0.02 (49.50) = 0.99
Absorción de muros	A= 0.02 (68.55) = 1.37
Absorción del vidrio	A= 0.03 (14.34) = 0.43
Absorción de la puerta	A= 0.02 (1.89) = 0.03
Pupitres y sillas:	A= 1.05
Escritorio docente:	A= 0.05
Mueble metálico:	A= 0.02
Pizarra de madera:	A= 0.20
Pizarra acrílica:	A= 0.10
Absorción de personas	A= 35 (0.40) = 15.75
Absorción total del espacio	A <sub>t</sub> = 20.97

Absorción	Valor
Absorción del piso	A= 0.02 (49.50) = 0.99
Absorción del techo	A= 0.02 (49.50) = 0.99
Absorción de muros	A= 0.02 (68.55) = 1.37
Absorción del vidrio	A= 0.03 (14.34) = 0.43
Absorción de la puerta	A= 0.02 (1.89) = 0.03
Pupitres y sillas:	A= 1.05
Escritorio docente:	A= 0.05
Mueble metálico:	A= 0.02
Pizarra de madera:	A= 0.20
Pizarra acrílica:	A= 0.10
Absorción total del espacio	A <sub>t</sub> = 5.22

TIEMPO DE REVERBERACIÓN	Valor
RT	0.161
RT	1.14s

TIEMPO DE REVERBERACIÓN	Valor
RT	0.161
RT	4.58s

#### análisis de comparación

Cuando el aula se encuentra ocupada, el RT disminuye debido a que el cuerpo humano actúa como absorbente acústico natural. Sin embargo, el valor de 1.14 s continúa estando por encima del rango recomendado para aulas educativas, el cual generalmente se sitúa entre 0.5 s y 0.8 s. Por otro lado, el escenario sin ocupación presenta un comportamiento acústico crítico. El RT de 4.58 s indica un espacio altamente reverberante, donde el sonido permanece durante largos periodos antes de disiparse.

#### Materialidad

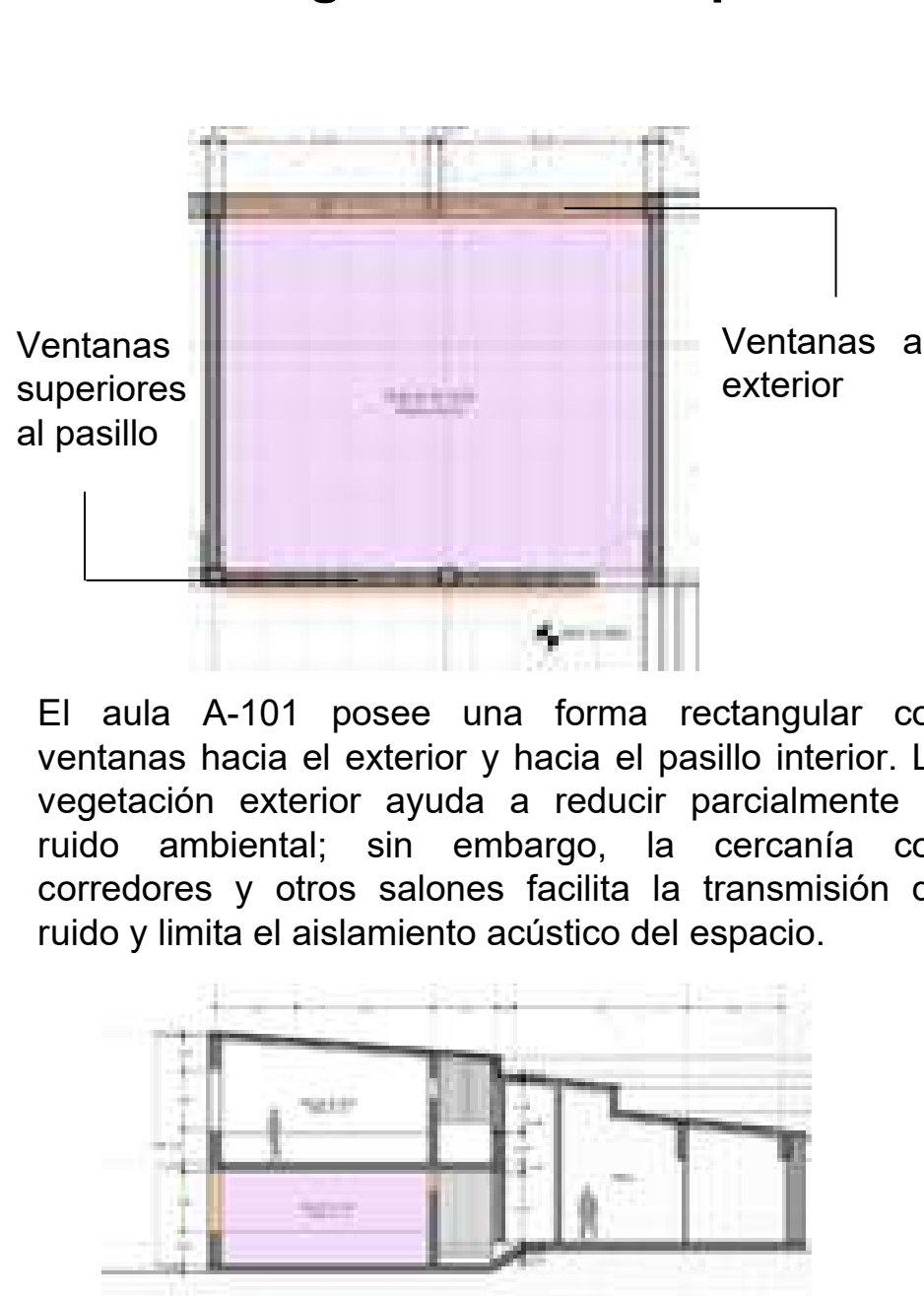


Estos materiales reflejan gran parte de la energía sonora incidente, provocando acumulación acústica y aumento del tiempo de reverberación.

#### Mobiliario y ocupación

La ocupación humana mejora el tiempo de reverberación del aula, pero el acondicionamiento acústico sigue siendo insuficiente para alcanzar niveles óptimos.

#### Configuración del espacio



El aula A-101 posee una forma rectangular con ventanas hacia el exterior y hacia el pasillo interior. La vegetación exterior ayuda a reducir parcialmente el ruido ambiental; sin embargo, la cercanía con corredores y otros salones facilita la transmisión de ruido y limita el aislamiento acústico del espacio.

La relación entre altura y volumen genera un comportamiento reverberante, especialmente debido a la ausencia de elementos absorbentes visibles en techo y paredes.

#### Aislamiento acústico y ruido exterior



El aula presenta relación cercana con circulaciones y halles, lo que puede facilitar la transmisión de ruido exterior hacia el interior.

- tránsito peatonal,
- conversaciones,
- actividades comunes,
- ruido ambiental.

Sin embargo, la presencia abundante de árboles y vegetación alrededor del aula representa un aspecto positivo para el comportamiento acústico del entorno.

### CONCLUSIÓN DE VARIABLES PROS

- La ocupación humana mejora notablemente el comportamiento acústico.
- El espacio posee amplitud y adecuada ventilación.
- El mobiliario aporta absorción acústica básica.
- La configuración espacial favorece propagación uniforme de la voz.

### CONTRAS

- El tiempo de reverberación continúa siendo alto incluso con ocupación.
- Sin personas, el comportamiento acústico es deficiente.
- Predominan materiales rígidos y altamente reflectivos.
- El aula presenta vulnerabilidad frente a ruido exterior.

Alejandra Cano, Elizabeth Vasquez, Miguel Angel Peña, Juliana Uribe



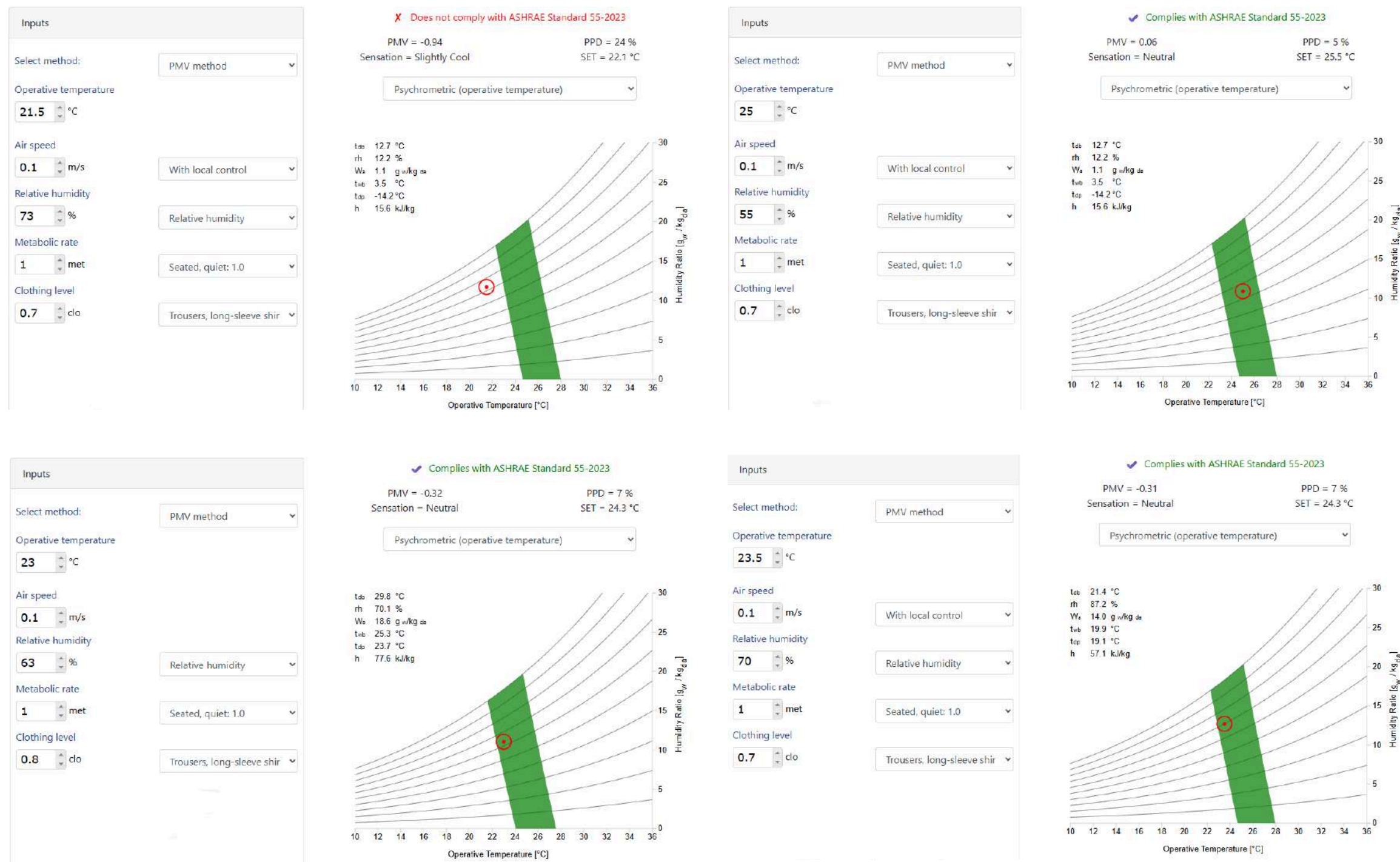
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA®



# XXVII SEMANA DE LA FACULTAD ARQUITECTURA E INGENIERÍA

## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

### Diagnostico Termico



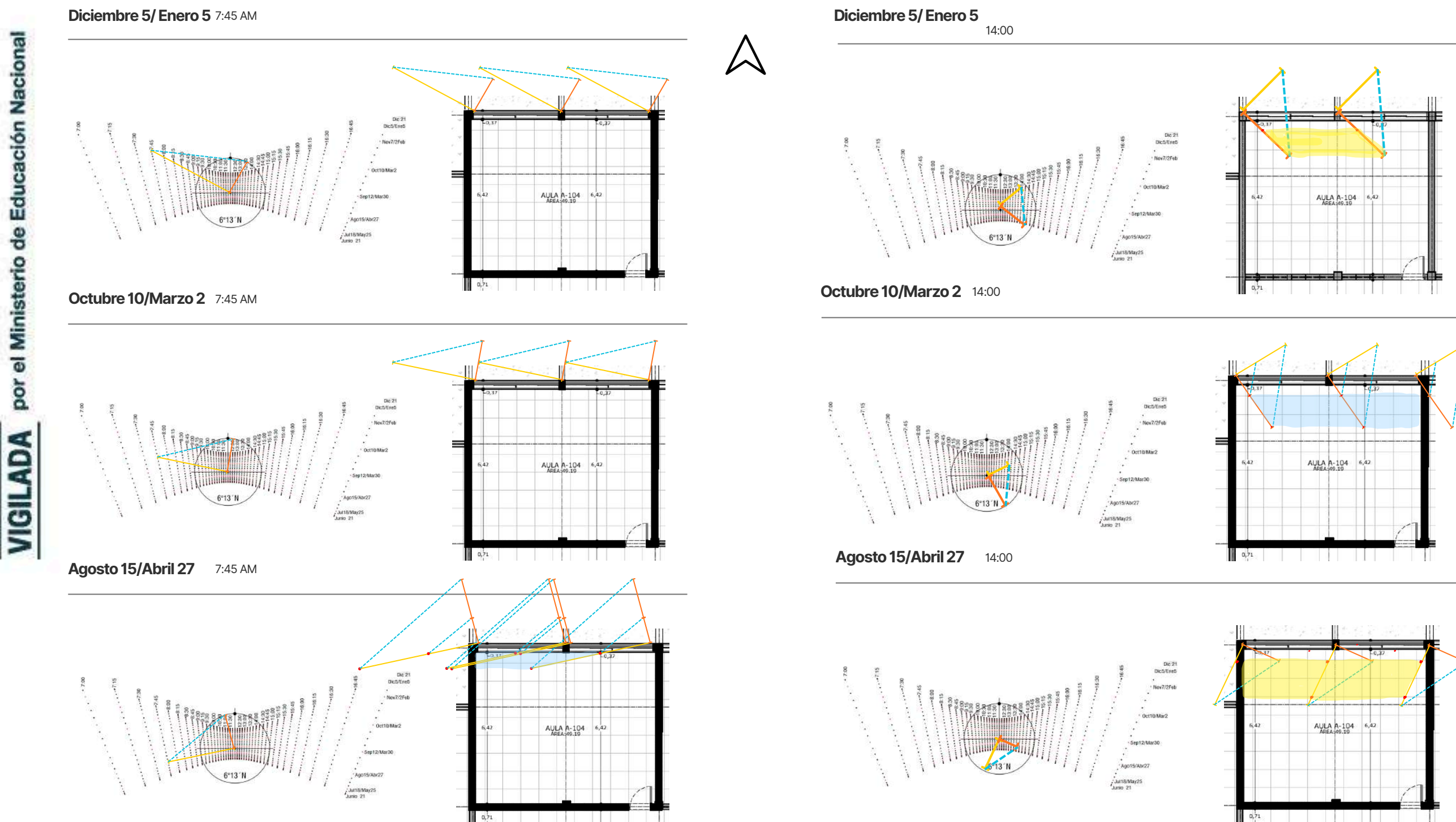
#### Pros del comportamiento térmico del espacio:

- 1. Estabilidad térmica interior:** El espacio presenta bajas variaciones de temperatura a lo largo del día (21-25 °C), lo que indica que la envolvente del aula y los materiales tienen cierta capacidad de amortiguación térmica. Esta estabilidad evita cambios bruscos de temperatura que puedan afectar el confort de los usuarios.
- 2. Orientación favorable de la fachada norte:** La orientación norte permite recibir radiación solar más homogénea y controlada, evitando los picos intensos de calor que suelen producirse en fachadas orientadas al oriente o al poniente. Esto contribuye a mantener un ambiente térmico relativamente equilibrado durante el día.
- 3. Buen aprovechamiento de iluminación natural:** Las ventanas amplias permiten una entrada significativa de luz natural, lo cual reduce la necesidad de iluminación artificial durante gran parte del día. Esto no solo mejora las condiciones visuales del espacio, sino que también puede reducir el consumo energético.

#### Contras del comportamiento térmico del espacio:

- 1. Humedad relativa elevada durante la madrugada y la noche** Los valores de humedad entre 73 % y 76 % pueden generar una sensación térmica de ambiente pesado o húmedo, reduciendo el confort interior. Esto también puede favorecer la aparición de condensación o problemas asociados a la calidad del aire interior si se mantiene durante periodos prolongados.
- 2. Ventilación natural limitada** Los niveles altos de humedad durante la noche sugieren que el espacio presenta ventilación insuficiente en horas nocturnas, lo que dificulta la renovación del aire y la eliminación de humedad acumulada en el interior del aula.
- 3. Ganancias térmicas por superficies vidriadas** Las ventanas grandes, aunque favorecen la iluminación natural, también pueden generar ganancias térmicas por efecto invernadero, especialmente durante las horas de mayor radiación solar. Esto puede provocar un aumento de temperatura en la tarde.

### Diagnostico Luminico

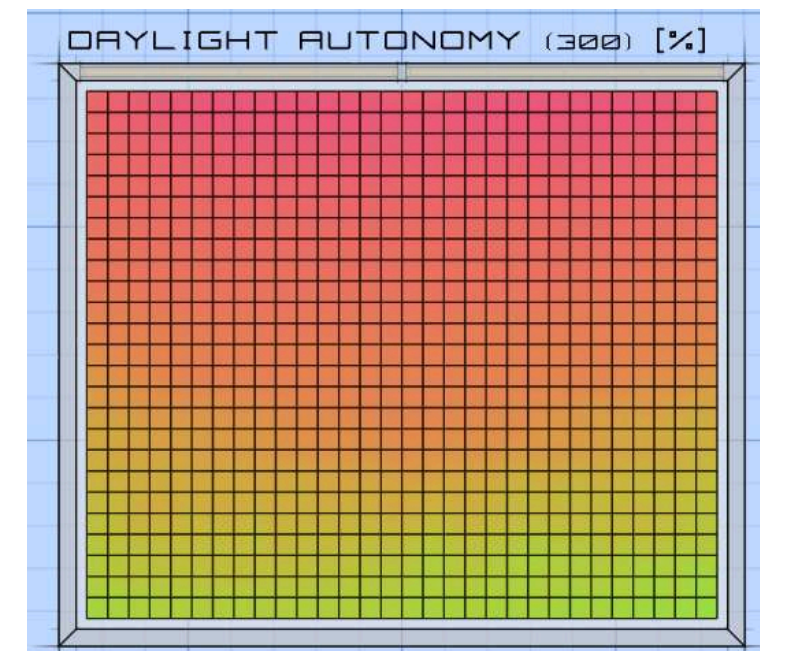
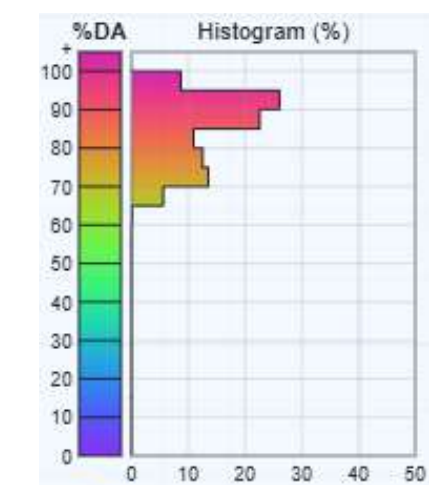


#### Autonomía De La Luz

Reflectividad de las paredes, cantidad y tamaño de las aberturas, obstáculos externos e internos

Tiempo de estudio desde 10 de Enero hasta el 20 de Noviembre (un "Año escolar") Con un horario de 7 AM hasta las 7PM

- En el aula de clase solo un 60% a 90% de las horas estudiadas es igual o superior a 300LX

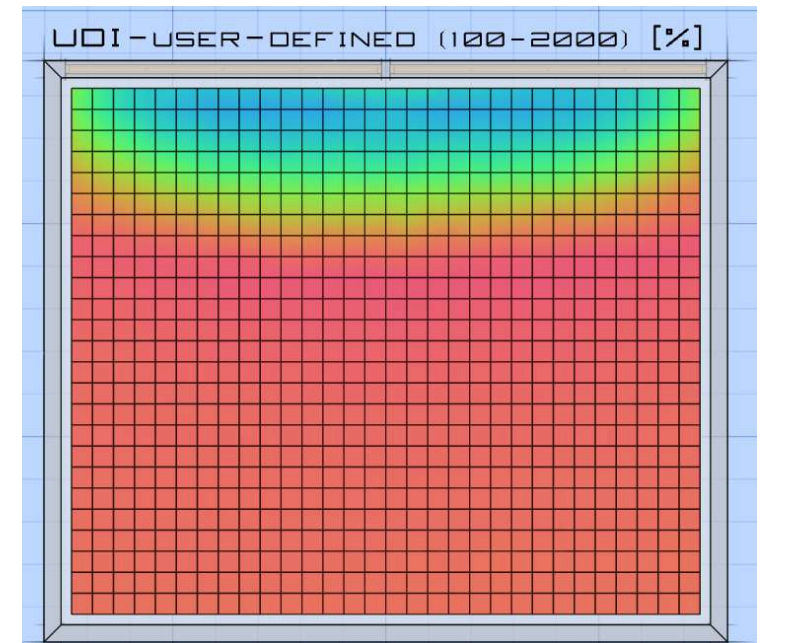
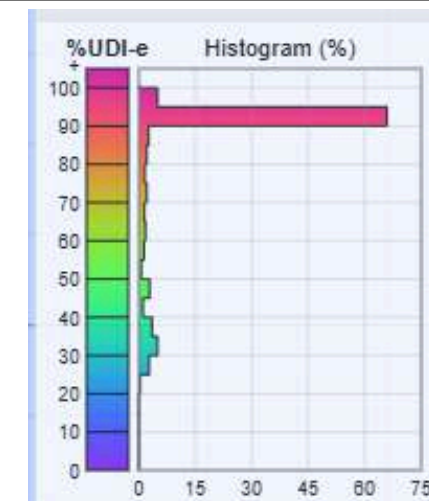


#### Iluminancia Por Luz Natural Util

Reflectividad de las paredes, cantidad y tamaño de las aberturas, obstáculos externos e internos

Tiempo de estudio desde 10 de Enero hasta el 20 de Noviembre (un "Año escolar") Con un horario de 7 AM hasta las 7PM

- La mayoría de las horas entran el rango, pero en la zona cercana a la ventana este intervalo comienza a variar

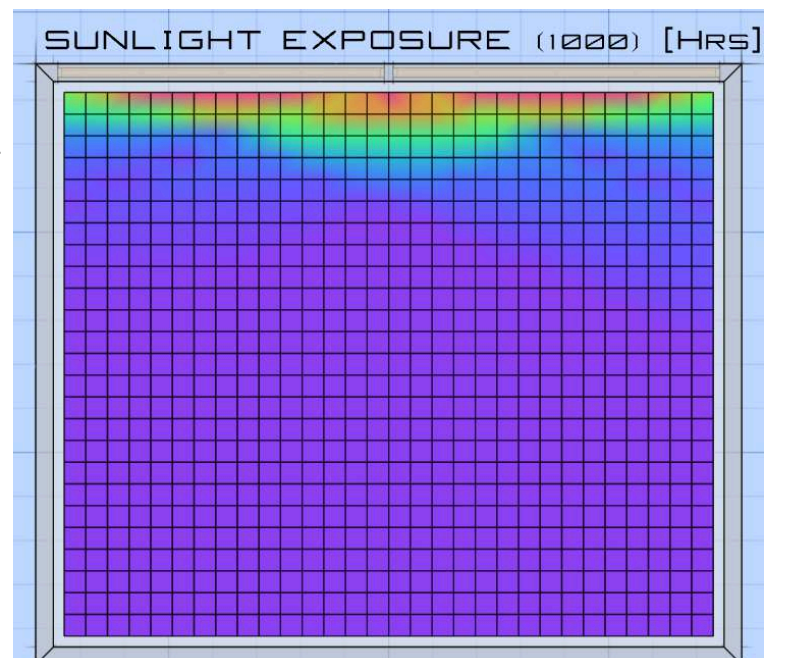
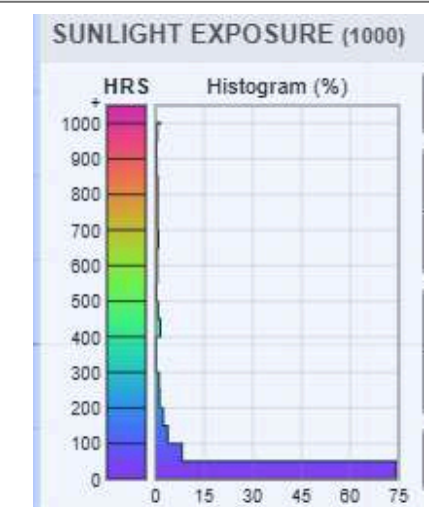


#### Exposición Solar Anual

Reflectividad de las paredes, cantidad y tamaño de las aberturas, obstáculos externos e internos

Tiempo de estudio desde 10 de Enero hasta el 20 de Noviembre (un "Año escolar") Con un horario de 7 AM hasta las 7PM

- La zona cercana a las ventanas es la que cuenta con mayor radiación solar



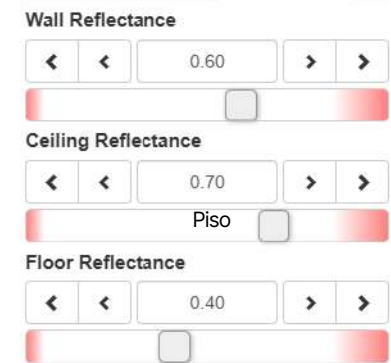
#### PROS

- Excelente Autonomía Lumínica: Los niveles de Autonomía (300lx) son muy altos, y gran parte del aula se mantiene en el rango del 60% al 90% del tiempo por encima de los 300 lx sin necesidad de una luz artificial, lo que supone un ahorro energético.
- Distribución Profunda de la Luz: En el aula la iluminancia útil (UDI 100-2000lx) cubre casi todo el fondo del salón (zonas rosas en el mapa), garantizando que la "mayoría" los alumnos al fondo tengan luz suficiente para trabajar.
- Buen control del sol fuerte (mediada-primeras horas de la tarde)
- En las tres fechas (verde, morado, rojo), los rayos a las 14:00 llegan con un ángulo bastante alto.
- El alero de 0.37 m logra bloquear gran parte de la radiación directa en la parte superior de la ventana.

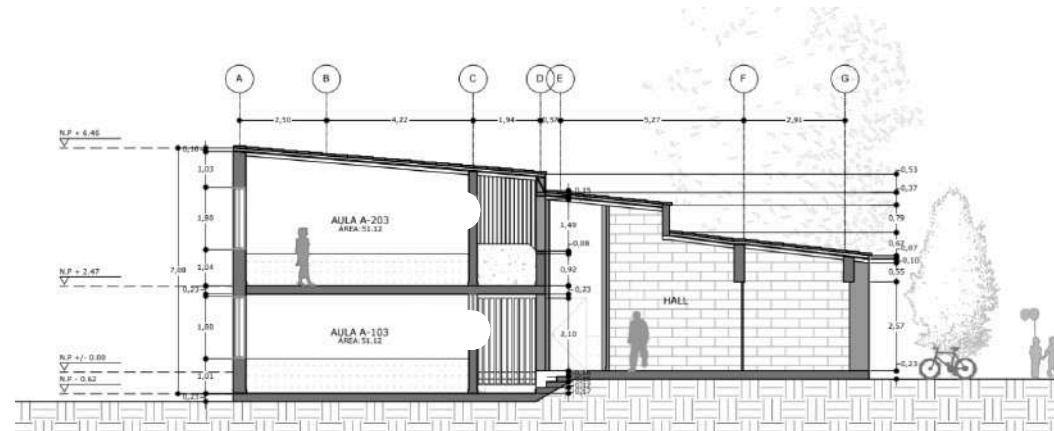
#### CONTRAS

- Riesgo de Deslumbramiento: En la gráfica de UDI, la zona cercana a la ventana muestra colores verdes/azules. Esto indica que en esa área la luz supera frecuentemente los 2000 lx, lo que puede causar fatiga visual o reflejos molestos en pantallas y cuadernos.
- Exposición Solar Excesiva en Fachada: La gráfica muestra que la zona de la ventana recibe más de 1000lx de sol directo. Esto podría llegar a elevar la temperatura del aula.
- Posible Dependencia de Persianas: Debido a que el nivel de luz cerca de la ventana es tan alto (exceso de 2000 lx), es probable que los usuarios bajen las persianas por completo para evitar el brillo, anulando accidentalmente la buena iluminación natural del resto del salón.
- En fechas como agosto/abril y octubre/marzo, el sol entra con un ángulo más inclinado y se cuele por debajo del alero, generando posibles problemas de confort térmico y visual. Esto evidencia que el elemento horizontal por sí solo no es suficiente, y sería necesario complementarlo con protecciones verticales o laterales para un mejor desempeño en clima tropical.

#### Reflectancia



### Diagnostico Acustico



Largo: 7,66 m  
Ancho: 6,42 m  
Altura aproximada: 2,81 m  
Área en planta: 49,19 m<sup>2</sup>  
V ≈ 138,2 m<sup>3</sup>

- Muros longitudinales en ladrillo**  
Dos muros de: 7,66 x 2,81 = 21,52 m<sup>2</sup>  
Total: 43,04 m<sup>2</sup>  
α = 0,03  
Absorción: 43,04 x 0,03 = 1,29 sabins
- Techo de cielo raso**  
Área techo ≈ 49,19 m<sup>2</sup>  
α = 0,05  
Absorción: 49,19 x 0,05 = 2,46 sabins
- Piso de baldosa**  
Área piso = 7,66 x 6,42  
Área = 49,19 m<sup>2</sup>  
α = 0,02  
Absorción: 49,19 x 0,02 = 0,98 sabins
- Muros transversales**  
Dos muros de: 6,42 x 2,81 = 18,04 m<sup>2</sup>  
Total: 36,08 m<sup>2</sup>  
α = 0,03  
Absorción: 36,08 x 0,03 = 1,08 sabins

**Absorción total del espacio**  
At = 0,98 + 2,46 + 1,29 + 1,08  
At ≈ 5,81 sabins

**Tiempo de reverberación final**  
RT = 0,161 x (138,2 / 5,81)  
RT ≈ 3,83 segundos

#### Interpretación del resultado

El tiempo de reverberación obtenido es bastante alto para un aula educativa. En espacios destinados a clases y comunicación oral se recomienda normalmente un RT entre 0,6 y 1 segundo. Un RT cercano a 3,8 segundos provoca:

- Eco excesivo.
- Pérdida de inteligibilidad de la voz.
- Dificultad para entender al docente.
- Fatiga auditiva.
- Acumulación de ruido interno.

#### Recomendaciones de acondicionamiento acústico

Para mejorar el comportamiento acústico del aula podrían implementarse las siguientes estrategias:

- Incorporar materiales absorbentes
- Paneles acústicos en muros.
- Cielo raso acústico.
- Cortinas gruesas.
- Mobiliario tapizado.
- Superficies perforadas o porosas.

Sebastian Garcia Zuluaga Juan pablo Toro Pérez



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA®



## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

**Institución Educativa Santa Rosa de Lima - Medellín**  
 Aula Prescolar  
 Área: 85.17m<sup>2</sup>  
 Primer nivel  
 Ubicación: Bloque C, el salón se encuentra ubicado en medio de dos salones.  
 Materialidad: Mampostería, teja de barro.

Temperatura mas ALTA registrada EN LA MAÑANA es de 26°C y Humedad 70%, el nivel de ropa de un uniforme escolar es entre 0.45 y 0.50. La mañana, en su punto más cálido, pasaría de neutral a ligeramente cálida cuando se considera la actividad infantil.

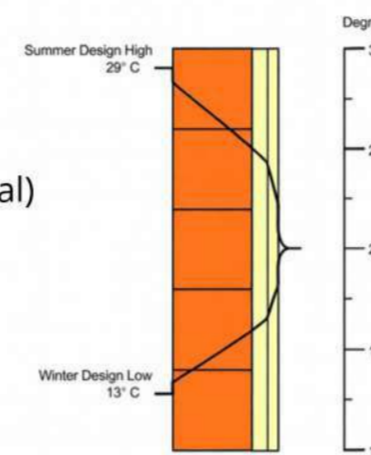


### DIAGNÓSTICO TÉRMICO

#### DESEMPEÑO TÉRMICO DE LOS MATERIALES

##### 1. Datos Generales

Elemento: Muro exterior  
 Inclinación: 90° (Elemento vertical)  
 Absortividad, superficial: 60 %  
 Reflectancia del suelo: 20 %



##### 2. Propiedades Térmicas

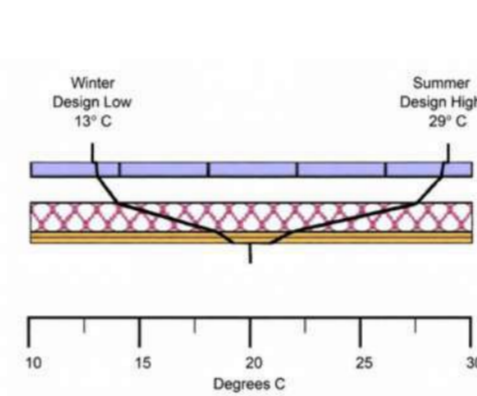
Espesor total: 200 mm  
 Resistencia térmica total (R): 0.48 m<sup>2</sup>K/W  
 Transmitancia térmica (U): 2.077 W/m<sup>2</sup>K  
 Factor de decremento: 0.56  
 Desfase térmico: -5.65 horas

#### SECCIÓN MURO

El valor U del muro es alto, lo que indica un bajo aislamiento térmico y una mayor transferencia de calor hacia el interior del aula.

##### 1. Datos Generales

Inclinación: 30.0° (respecto a la horizontal)  
 Absortividad, de la superficie: 60 %  
 Reflectancia del suelo: 40 %  
 Espesor total del sistema: 139 mm



##### 2. Propiedades Térmicas

Valor R total: 1.57  
 Valor U total: 0.636 W/m<sup>2</sup>K  
 Factor de decremento: 0.97  
 Desfase térmico (Time Lag): -1.6 horas

#### SECCIÓN CUBIERTA

El valor U de 0.636 W/m<sup>2</sup>K indica que la cubierta tiene un aislamiento térmico aceptable y reduce parcialmente la entrada de calor al interior.

#### Pros del comportamiento térmico del aula:

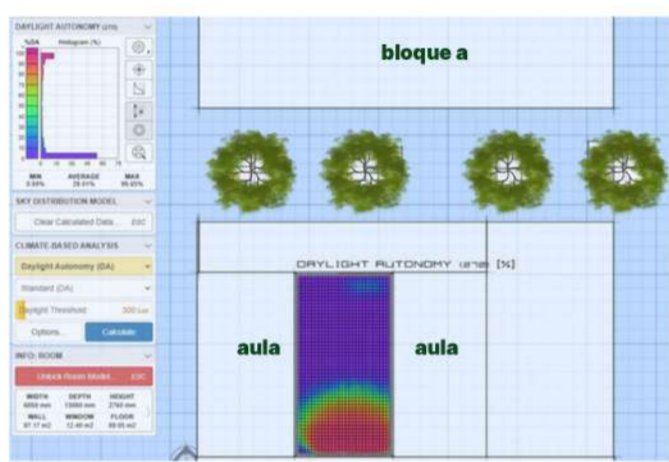
- La inercia térmica de los materiales como el ladrillo y la teja de barro favorece la estabilidad térmica del aula, amortiguando los cambios bruscos de temperatura.
- El aula presenta condiciones de confort aceptables en las primeras horas de la mañana y en condiciones promedio.
- Los materiales tradicionales permiten conservar calor en ambientes frescos, mejorando la sensación térmica en ciertos momentos.
- El CLO (vestimenta) funciona como un amortiguador térmico en condiciones frescas, ayudando al confort de los usuarios.
- La ventilación cruzada y la ventilación natural efectiva representan estrategias pasivas fundamentales para mejorar la renovación del aire y disipar el calor acumulado.
- El comportamiento térmico del aula demuestra capacidad de almacenamiento y liberación gradual del calor, lo que puede ser beneficioso en condiciones climáticas frías o templadas.

#### Contras del comportamiento térmico del aula:

- El aula presenta sobrecalentamiento en horas de la tarde debido a la acumulación de calor en los materiales y la radiación solar.
- La liberación lenta del calor genera temperatura residual durante la noche, dificultando el enfriamiento del espacio.
- La ocupación y actividad de los niños aumentan las cargas térmicas internas, afectando el confort térmico.
- La ausencia de una ventilación natural efectiva limita la disipación del calor y la adecuada renovación del aire.
- El CLO o uniforme escolar puede convertirse en un factor de desconfort térmico en condiciones cálidas.

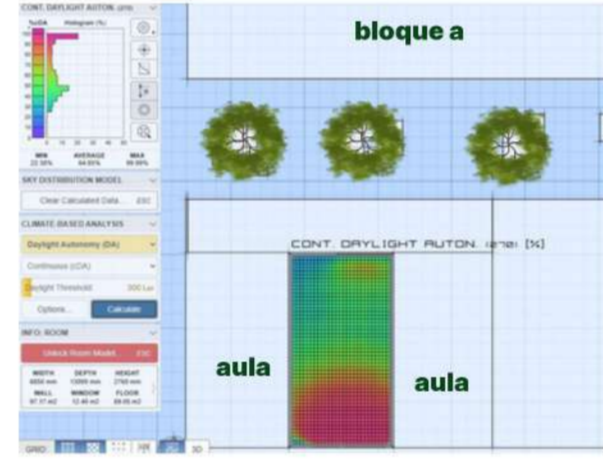
### DIAGNÓSTICO LUMÍNICO

#### AUTONOMÍA DE LA LUZ NATURAL



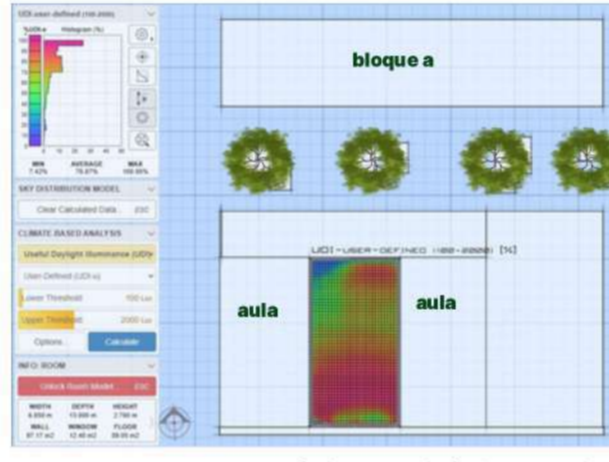
Iluminación insuficiente en la mayor parte del aula, solo cerca de la ventana cumple siempre con iluminación efectiva.

#### AUTONOMÍA CONTINUA DE LA LUZ NATURAL



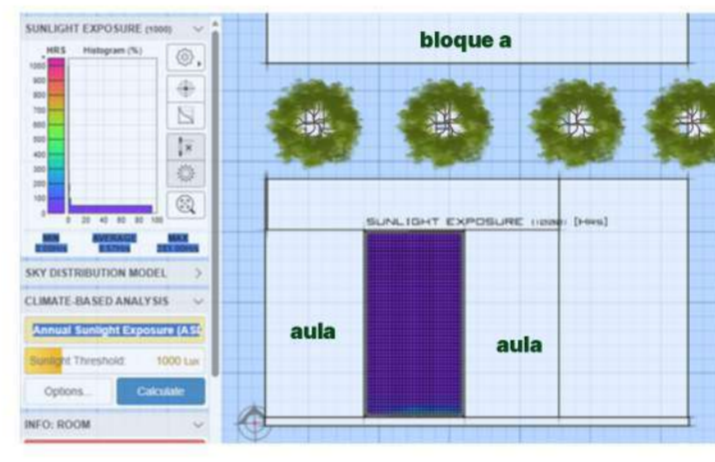
Indica que el 64.85% del año se cuenta con luz suficiente para leer o trabajar. Rendimiento aceptable, pero solo en la fachada sur.

#### ILUMINANCIA POR LUZ NATURAL ÚTIL

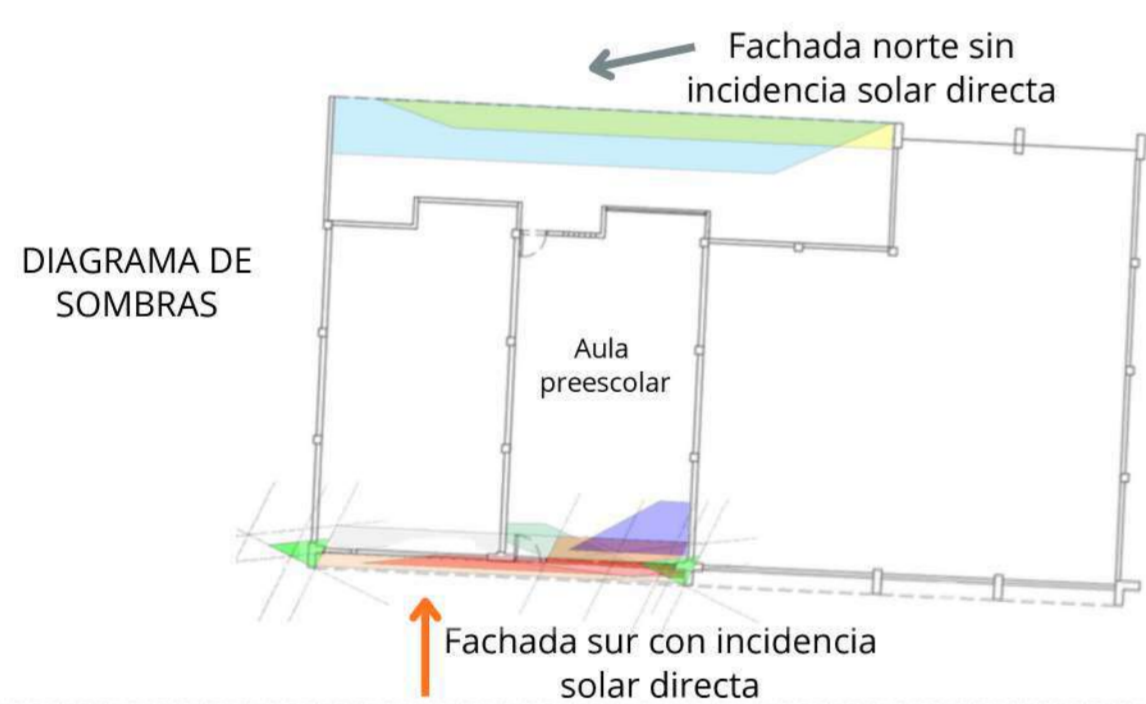


Muestra que cerca del 78% del tiempo hay luz natural adecuada para actividades, sin ser ni muy oscura ni excesiva. Buena luz donde llega, pero muy desigual.

#### EXPOSICIÓN ANUAL A LA RADIACIÓN SOLAR



El promedio es de solo 9.57 horas/año de sol directo; el máximo alcanza 281 h/año. Luz suave, pero sin aporte solar directo.



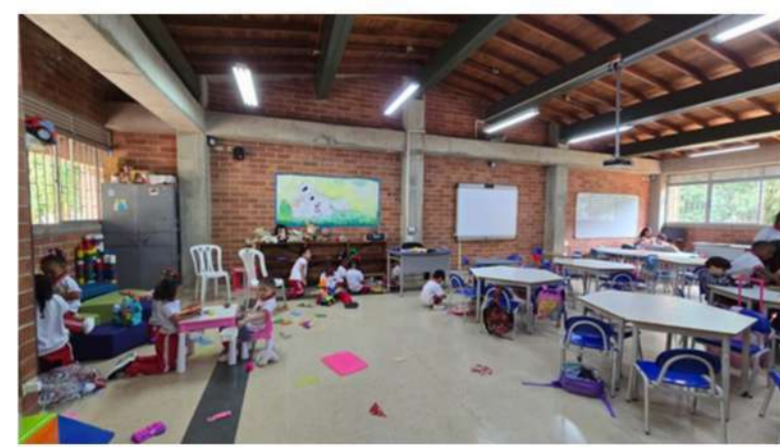
#### Pros del comportamiento lumínico del aula:

- Las condiciones actuales permiten un ambiente visualmente confortable en las zonas cercanas a las entradas de luz natural.
- La ausencia de radiación directa reduce el deslumbramiento y la fatiga visual.
- La vegetación y los elementos de sombra crean una atmósfera tranquila y adecuada para el aprendizaje.
- Se evita el sobrecalentamiento en mesas y zonas de permanencia.
- El espacio favorece la concentración y el confort visual en las actividades pedagógicas.

#### Contras del comportamiento lumínico del aula:

- La luz natural no alcanza adecuadamente el fondo del aula.
- Existe dependencia de iluminación artificial durante gran parte del día.
- La iluminación se distribuye de forma desigual dentro del espacio.
- Las obstrucciones exteriores limitan el ingreso de luz natural útil.
- La baja reflectancia de materiales reduce la propagación de la luz.
- En ciertos momentos puede presentarse deslumbramiento cerca de las ventanas.
- La necesidad de mantener iluminación artificial durante gran parte del día incrementa el consumo energético del proyecto.

### DIAGNÓSTICO ACÚSTICO



**Aislamiento acústico del aula:**  
 Deficiente, ya que el muro calado y la cercanía al corredor y al patio permiten el ingreso del ruido exterior al aula.



**Acondicionamiento acústico del aula:**  
 Poco adecuado, debido al alto tiempo de reverberación (1.47 s), que genera eco y disminuye la claridad de la voz dentro del espacio.

COEFICIENTE ABSORCIÓN 500 Hz			
MATERIAL	$\alpha$ (500 Hz)	ÁREA	ABSORCIÓN
MURO LADRILLO A LA VISTA	0,02	81,48m <sup>2</sup>	1,63
PISO BALDOSA	0,01	83,33m <sup>2</sup>	0,83
TABLERO-TV-VENTANA	0,10	18,65m <sup>2</sup>	1,87
MOBILIARIO	0,08	9,77m <sup>2</sup>	0,78
MURO CALADO	0,02	2,24m <sup>2</sup>	0,04
TECHO TABILLA MADERA	0,14	90,2m <sup>2</sup>	12,63
ESTRUCTURA METALICA	0,08	34,68m <sup>2</sup>	2,77
AFORO	0,33	20 Niños aprox.	6,6
ESTRUCTURA CONCRETO	0,02	40,31m <sup>2</sup>	0,8
<b>ABSORCIÓN TOTAL DEL AULA</b>			<b>27,95</b>
<b>TIEMPO DE REVERBERACIÓN (RT): RT=0,161 V/A</b>			<b>1,47s</b>

La percepción del ruido exterior en el aula es significativa debido al alto tiempo de reverberación (1.47 s), la cercanía al corredor y al patio, y la presencia de un muro calado que facilita la transmisión sonora. Aunque la vegetación atenúa parcialmente el ruido de la vía secundaria, este aún puede percibirse dentro del espacio.

El tiempo de reverberación obtenido (1.47 s) evidencia una condición acústica desfavorable para un aula de preescolar, ya que el sonido permanece en el espacio durante un periodo excesivo, generando eco y disminuyendo la claridad del habla. Esta situación puede afectar la comprensión verbal, la concentración y el proceso de aprendizaje de los niños, quienes requieren ambientes acústicamente controlados para el desarrollo adecuado de las actividades pedagógicas.

#### Pros del comportamiento acústico del aula:

- La vegetación y el retranqueo de ventanas ayudan a filtrar parcialmente el ruido exterior.
- Los juguetes, cojines y mobiliario del aula ayudan parcialmente a absorber el sonido y disminuir la reverberación.
- El techo en tablilla de madera es el componente más eficiente del espacio, (casi el 50% de la absorción total), lo que evita que el tiempo de reverberación sea aún más crítico.

#### Contras del comportamiento acústico del aula:

- El tiempo de reverberación es alto, generando exceso de eco dentro del aula.
- Los materiales rígidos y reflectivos aumentan la reflexión sonora.
- La voz del docente pierde claridad e inteligibilidad dentro del espacio.
- El ruido proveniente de aulas cercanas y zonas de circulación se transmite fácilmente.
- El exceso de reverberación puede generar fatiga auditiva y dificultad de concentración en los niños.
- El docente debe elevar constantemente la voz para mantener la atención del grupo.

HABITABILIDAD Y CONFORT  
 DOCENTE LAURA RENDÓN GAVIRIA  
 2026-1

ESTUDIANTES:  
 MARISOL BEDOYA MACÍAS  
 ANA MARÍA CADAVID MÚNERA  
 MICHAEL STEVEN PENCUE



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA**



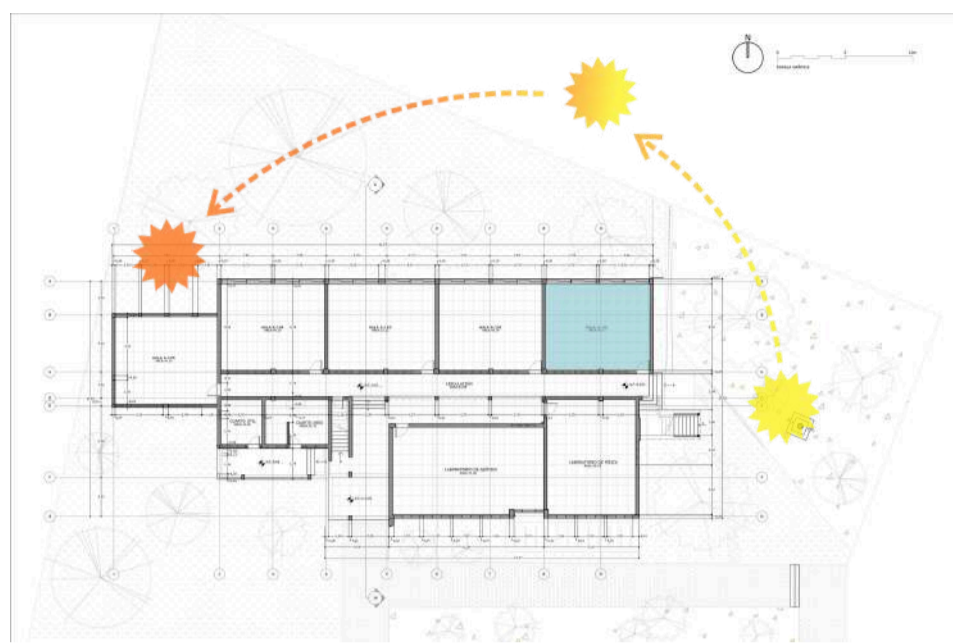
# DIAGNÓSTICO TÉRMICO, LUMÍNICO Y ACÚSTICO DE AULAS ESCOLARES: Aula A101 Semana 3

# XXVII SEMANA DE LA FACULTAD ARQUITECTURA E INGENIERÍA

**ESTUDIANTES**  
 MARIANA SOSSA LOPEZ  
 DANA SERNA CASTILLO  
 JERY GARCIA SUAREZ  
 LUISA URBANO LUNA

## Diagnóstico Térmico

### CONTEXTO DEL AULA

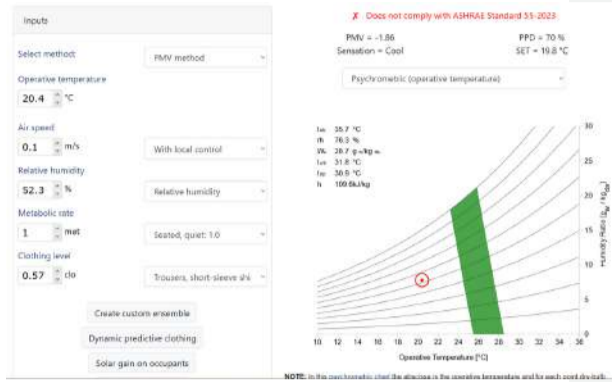


El Aula A101, ubicada en el costado derecho del primer nivel y orientada hacia el este con apertura al norte, presenta temperaturas entre 20.4 °C y 25.6 °C y una humedad relativa cercana al 70 % durante gran parte del día. Estas condiciones generan un ambiente fresco y húmedo en la mañana, mientras que en la tarde aumenta la sensación térmica debido a la acumulación de calor en los materiales del edificio, estabilizándose nuevamente en horas de la noche.

Jornada	Temperatura promedio (°C)	Humedad relativa promedio (%)
Mañana	22	71
Tarde	23	65
Noche	22	74

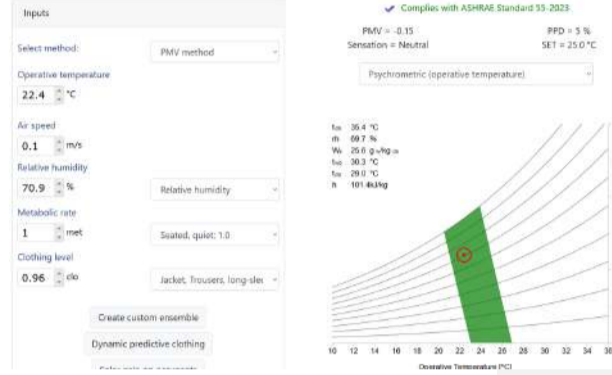
### PERCEPCIÓN TÉRMICA

#### PRIMER MOMENTO



Durante las horas de mayor radiación solar, el exterior alcanza temperaturas cercanas a 35.7 °C, mientras que el aula mantiene una temperatura operativa de 20.4 °C, generando un fuerte contraste térmico. El PMV de -1.86 y el PPD de 70 % evidencian sensación de frío e incomodidad en los estudiantes. La vestimenta ligera (0.57 clo) incrementa esta percepción, haciendo que el espacio se perciba excesivamente climatizado.

#### SEGUNDO MOMENTO



El aula alcanza condiciones de confort cuando la temperatura operativa se mantiene entre 22 y 25 °C y los estudiantes utilizan vestimenta media (0.96 clo). El PMV de -0.15 y el PPD de 5 % indican una percepción térmica neutra y estable, favoreciendo la comodidad durante las actividades académicas.

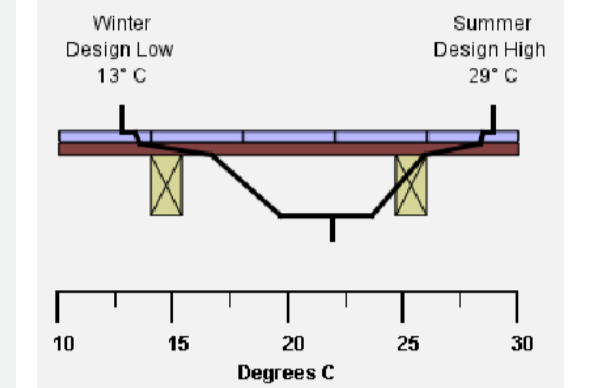
#### TERCER MOMENTO



Aunque la temperatura operativa aumenta hasta 25.6 °C, la velocidad del aire de 0.4 m/s genera un efecto de enfriamiento de aproximadamente 3.2 °C. El PMV de -0.16 y el PPD de 6 % muestran que la ventilación mejora la percepción térmica y mantiene condiciones de confort dentro del aula.

### COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LOS MATERIALES

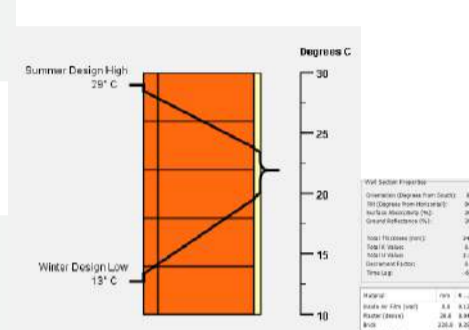
#### CUBIERTA - ESPESOR 0,14CM



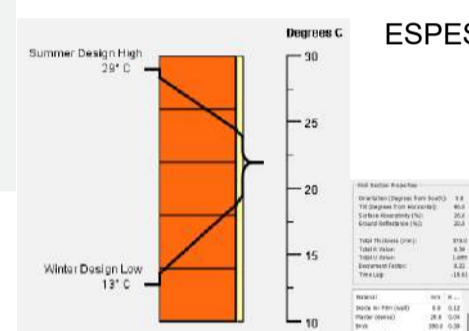
Roof Section Properties	
Orientation (Degrees from South):	180.0
Tilt (Degrees from Horizontal):	18.0
Surface Absorptivity (%):	26.0
Ground Reflectance (%):	20.0
Total Thickness (mm):	140.0
Total U Value:	0.62
Total U Value:	1.622
Decrement Factor:	0.98
Time Lag:	-1.33

La cubierta presenta el comportamiento térmico más desfavorable del aula, ya que su baja resistencia térmica y alta transmittancia permiten una rápida entrada de calor. Además, su bajo desfase térmico y factor de decremento cercano a 1 favorecen el sobrecalentamiento del espacio.

#### MURO NORTE ESPESOR 0,37cm



#### MURO ESTE

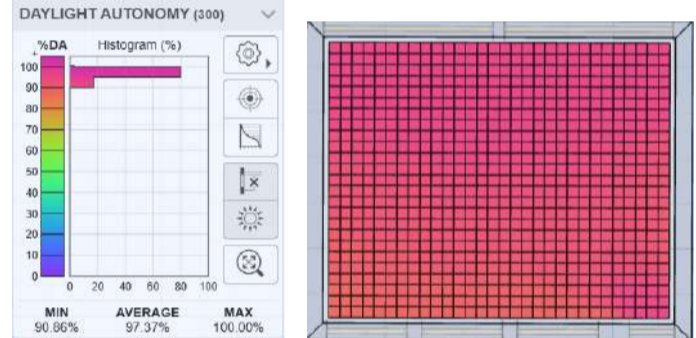


Presenta un mejor desempeño térmico debido a su mayor espesor, menor transmittancia térmica (U) y mayor capacidad de amortiguación, lo que reduce la transferencia de calor hacia el interior del aula.

Evidencia una mayor ganancia térmica por su menor espesor, mayor transmittancia térmica y menor capacidad de amortiguación, favoreciendo una transferencia más rápida del calor al espacio interior.

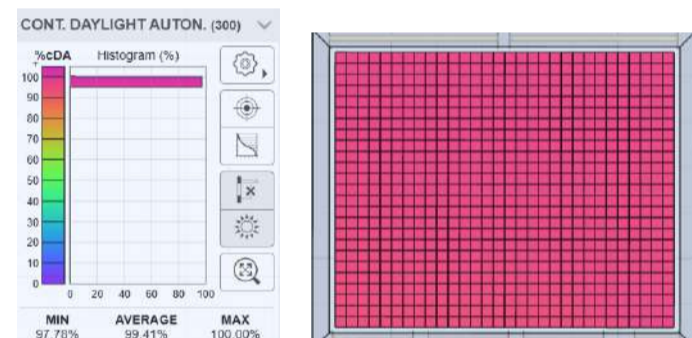
## Diagnóstico Lumínico

### AUTONOMIA DE LA LUZ NATURAL



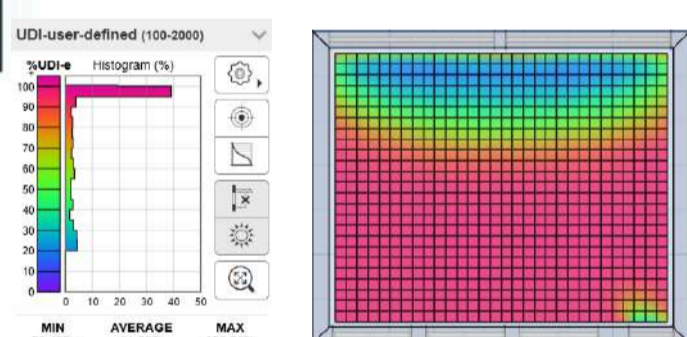
La gráfica evidencia que hay un buen acceso a iluminación natural pero esta no es tan constante en todo el espacio, sin embargo, este valor de 100% también puede indicar posibles excesos de iluminación en ciertos momentos, generando riesgo de deslumbramiento o disconfort visual.

### AUTONOMIA CONTINUA DE LA LUZ NATURAL



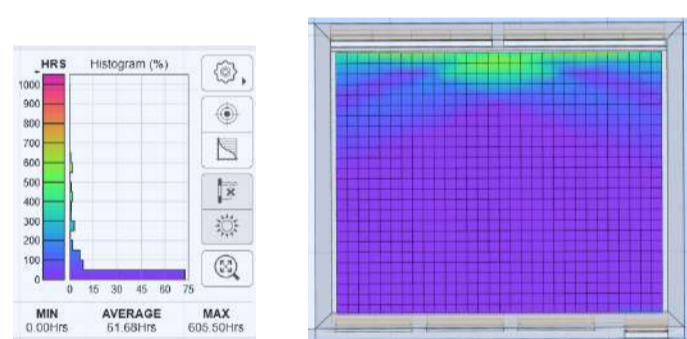
Indica que hay una iluminación constante en todo el espacio, no hay presencia de zonas oscuras, al igual que la métrica (DA) estos resultados pueden indicar que hay un exceso de iluminación.

### ILUMINACIÓN POR LUZ NATURAL ÚTIL (UDI)



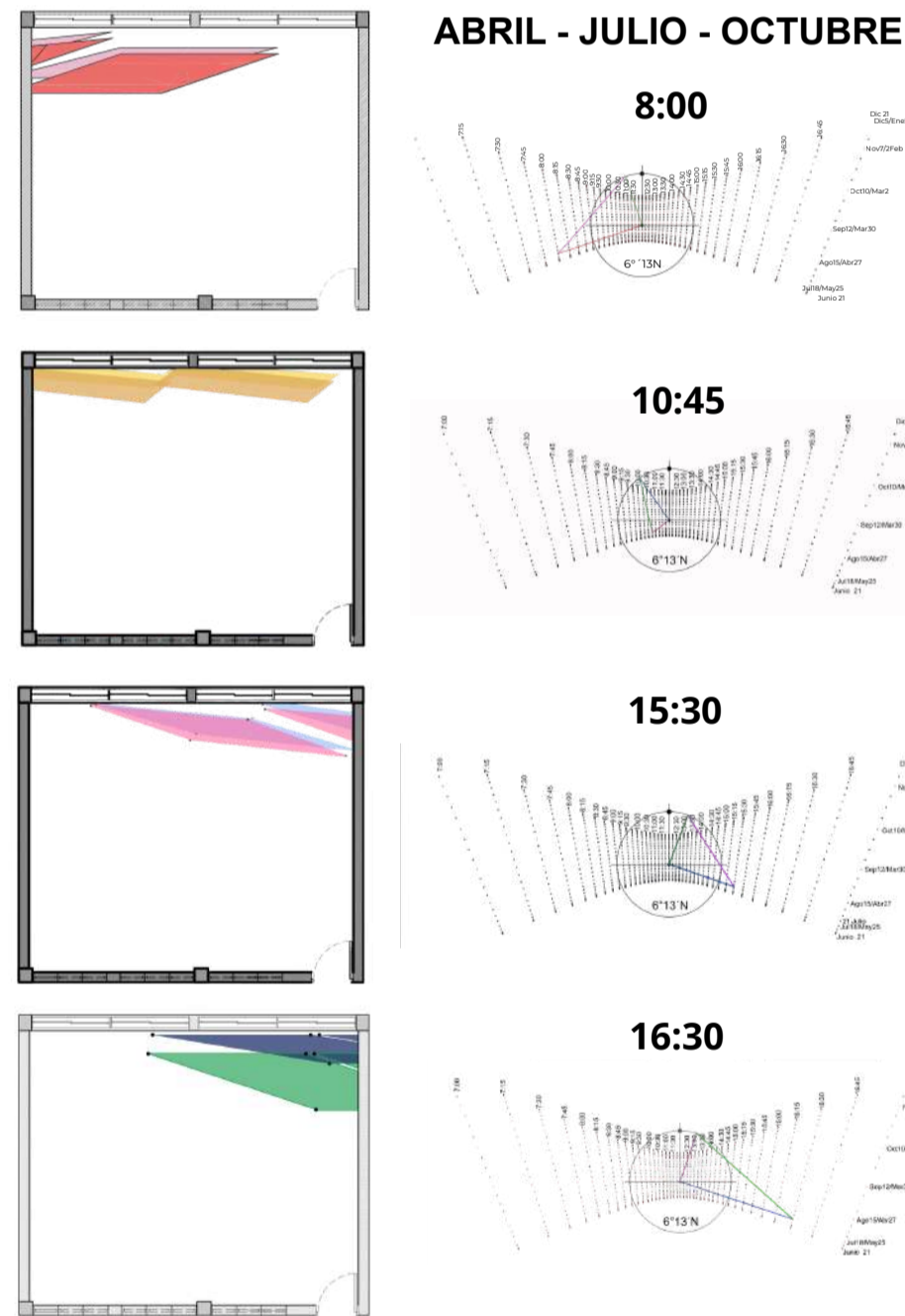
La iluminación es excesiva cerca de la ventana, más equilibrada en la zona intermedia y en el fondo predomina la luz difusa. Aunque no hay presencia de zonas oscuras, la iluminación no está completamente regulada, presentando disconfort visual en una parte significativa del espacio.

### EXPOSICIÓN ANUAL A LA RADIACIÓN



La distribución de iluminación es uniforme en gran parte del salón, con niveles más altos cerca de las ventanas amplias y una disminución difusa hacia el centro y la parte inferior. Esto indica un buen ingreso de iluminación natural, aunque las zonas cercanas a las ventanas presenta mayor intensidad lumínica en comparación con el resto del espacio lo que puede ser perjudicial.

Cada mes tiene un ángulo solar diferente por ende en julio se ve la proyección de la sombra más extensa hacia el interior, lo que ocasiona un deslumbramiento a comparación de abril que el sol impacta en el muro Este y no ingresa al espacio.



### PROS

- Se evidencia presencia de iluminación natural en todo el espacio, con una distribución relativamente uniforme que permite iluminar la mayor parte del salón.
- Presencia de luz difusa en el interior, que mejora el confort visual y disminuye contrastes fuertes.
- Cuenta con iluminación útil en gran parte del espacio, especialmente en la zona intermedia.

### CONTRAS

- Exceso de iluminación cerca de las ventanas, generando deslumbramiento, incomodidad visual y fatiga.
- Posible sobrecalentamiento en ciertos momentos, especialmente en meses y horas de mayor incidencia solar.
- Dificultad para el uso de pantallas y proyectores, debido al exceso de luz natural.

### CONCLUSIÓN

Donde están ubicadas las ventanas amplias es donde hay mayor incidencia solar, lo que genera un exceso de iluminación a partir del equinoccio de marzo y después del equinoccio de septiembre donde el sol está la mayor parte del tiempo hacia el sur no hay incidencia solar dentro del espacio.

Durante el año el salón cuenta con una iluminación natural alta sin espacios totalmente oscuros, pero si hay espacios son exceso de incidencia solar.

## Diagnóstico acústico

### Cálculo tiempo de reverberación (RT)

$$AT = (80.5m \times 0.02) + (18.74m \times 0.10) + (49.51m \times 0.01) + (49.51m \times 0.15) + (11.2m \times 0.14) + (2.16m \times 0.14) + (1.26m \times 0.04) + (3.79m \times 0.01) + (6.49m \times 0.05) + (0.88m \times 0.05) + (2.52m \times 0.10) = 14.194$$

$$AT = 14.194$$

$$V = 141.6 \text{ m}^3$$

$$RT = 1.61 \text{ s}$$

$$RT = 0.161 \frac{141.6}{14.194} = 1.61 \text{ seg}$$

El resultado obtenido (RT = 1.61 s) indica que el aula presenta un tiempo de reverberación alto para un espacio educativo. Esto se debe al predominio de materiales reflectivos y a la geometría rectangular del aula, los cuales favorecen la reflexión y permanencia del sonido dentro del espacio.

### Pros

- Algunos elementos aportan absorción sonora.
- El sonido se distribuye de forma uniforme en el aula.
- El espacio permite comunicación oral adecuada.

### Contras

- Tiempo de reverberación alto (1.61 s).
- Predominio de materiales reflectivos.
- Mayor permanencia sonora dentro del aula.
- Posible ingreso de ruido exterior.
- Disminución de la inteligibilidad de la palabra.

MATERIAL A ANALIZAR	CA	ÁREA
Ladrillo liso con revestimiento de yeso pintado	0.02	80.5M2
Vidrio de 4mm	0.10	18.74M2
losa lisa de terrazo	0.01	49.51M2
Placa de yeso de 10mm de espesor con respaldo de betún de 25mm de espesor	0.15	49.51M2
Pupitres de Plástico o metal	0.14	11.2M2
Puerta acústica, marco de acero	0.14	2.16M2
TV, Vidrio de 6mm	0.04	1.26M2
Tablero	0.01	3.79M2
pizarras Negras	0.05	6.49M2
Pupitre de madera (Profesor)	0.05	0.88M2
Luminarias	0.10	2.52M2



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA**

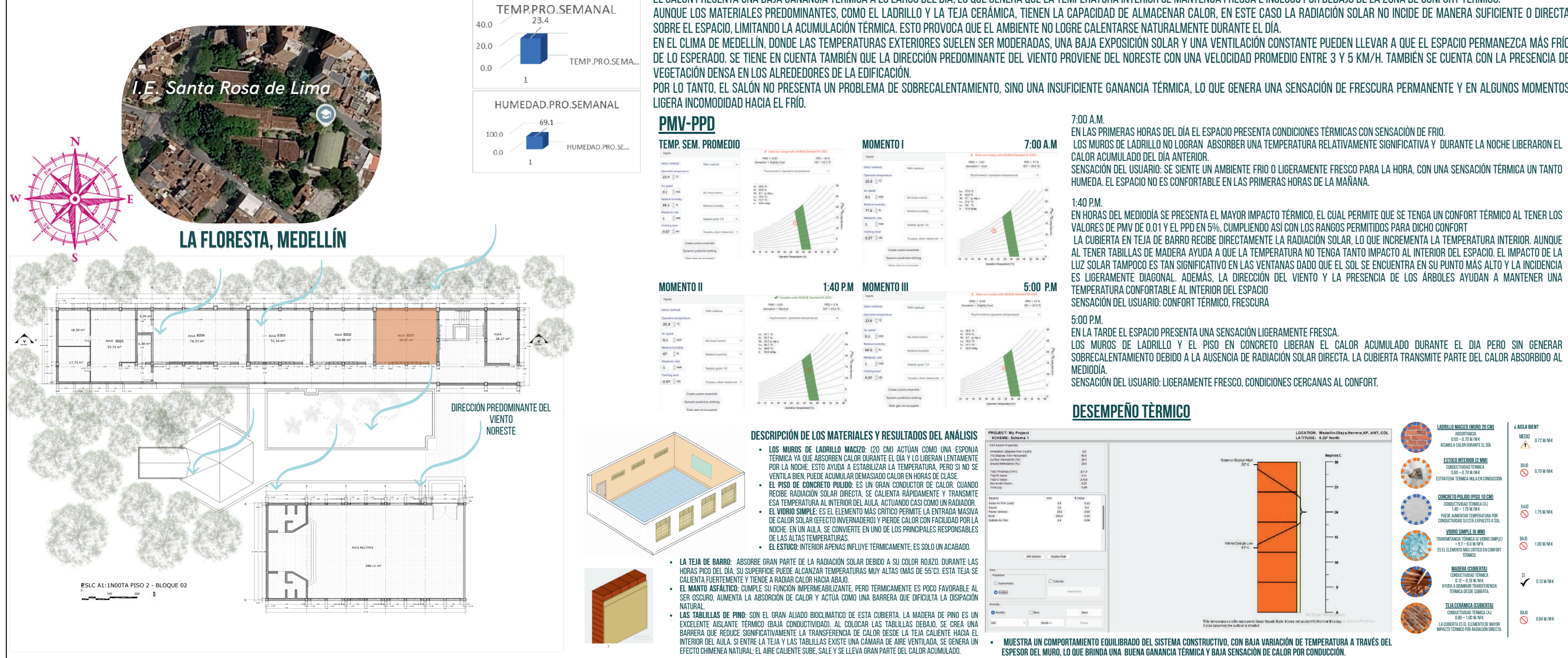


# XXVII SEMANA DE LA FACULTAD ARQUITECTURA E INGENIERÍA

## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

ESTUDIANTES: SANTIAGO RÚA, CRISTHIAN RÍOS, VALERIA CASTAÑEDA

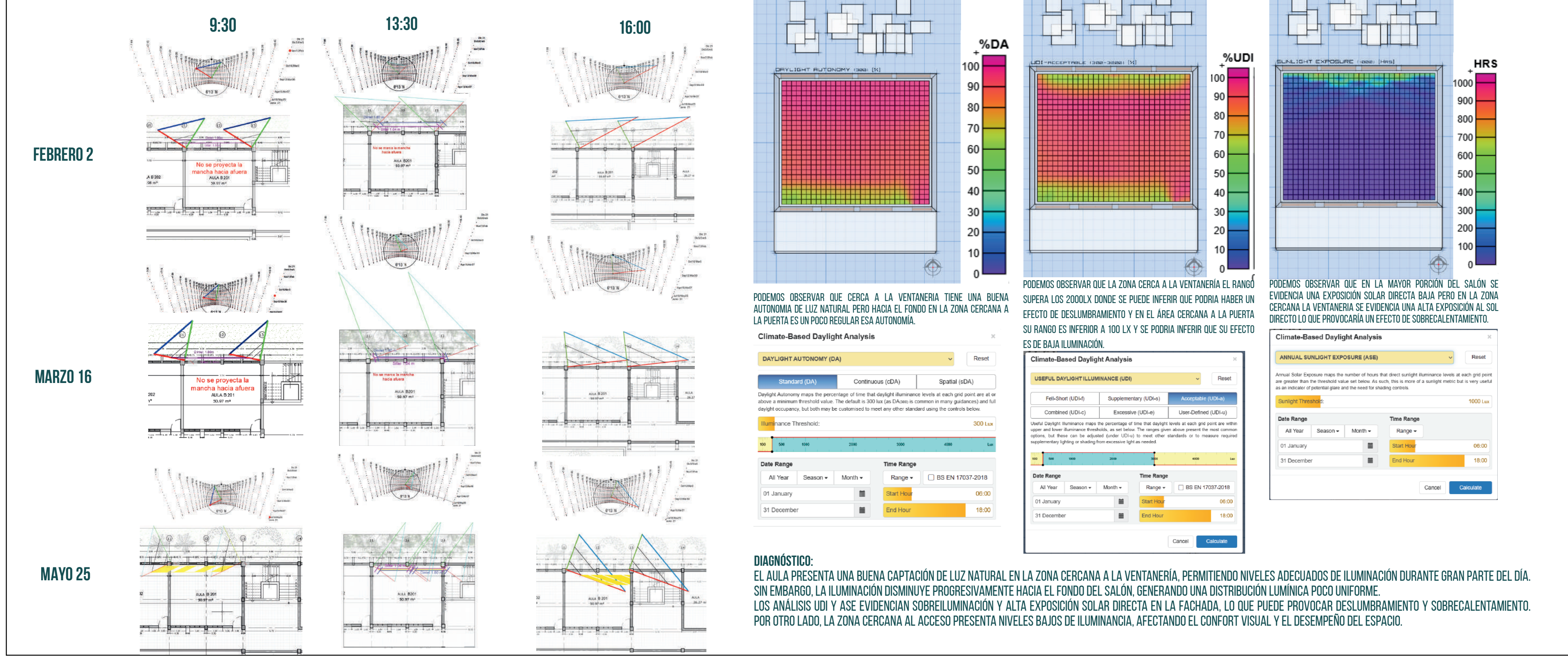
### DIAGNÓSTICO TÉRMICO



### PROS Y CONTRAS

- PROS**
- LA TEJA DE BARRO APORTA ESTABILIDAD TÉRMICA.
  - EL ESPACIO NO PRESENTA CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA.
  - LA MADERA EN CUBIERTA AYUDA A REDUCIR PARCIALMENTE LA TRANSMISIÓN DE CALOR.
  - LA VENTILACIÓN EN HORAS DONDE LA TEMPERATURA ESTA MAS ALTA, AYUDA A CONSERVAR LA FRESCURA DEL ESPACIO.
- CONTRAS**
- NO HAY MATERIALES QUE ACUMULEN CALOR POR RADIACIÓN SOLAR Y LA LIBEREN HACIA EL ESPACIO DE MANERA EFECTIVA.
  - AL TENER TANTA INCIDENCIA DE LA VEGETACIÓN PERIMETRAL EL ESPACIO NO LOGRA RECIBIR BUENA RADIACIÓN SOLAR.
  - NO SE APROVECHA LA POCO TEMPERATURA ABSORBIDA YA QUE LAS VENTANAS SON DE CELOSIAS Y SE FUGA LA POCO TEMPERATURA GANADA DURANTE EL DÍA.
- CONCLUSIONES**
- EL SALÓN NO PRESENTA PROBLEMAS DE SOBRECARGA TÉRMICA, POR EL CONTRARIO, EVIDENCIA UNA BAJA GANANCIA TÉRMICA A LO LARGO DEL DÍA, LA LIMITADA INCIDENCIA DIRECTA DEL SOL IMPIDE QUE LOS MATERIALES ACUMULEN SUFICIENTE CALOR PARA MANTENER EL ESPACIO DENTRO DE LA ZONA DE CONFORT TÉRMICO.
  - ALREDEDOR DE LA 1:30 PM, EL ESPACIO ALCANZA UN EQUILIBRIO TÉRMICO ADECUADO, SITUÁNDOSE DENTRO DE LA ZONA DE CONFORT. EN ESTE MOMENTO, LA RADIACIÓN SOLAR LOGRA COMPENSAR LA FRESCURA PROMEDIANTE, GENERANDO UNA SENSACIÓN TÉRMICA MAS CONFORTABLE Y ESTABLE PARA LOS USUARIOS.
  - EL ANÁLISIS DEMUESTRA QUE EL SALÓN NO PRESENTA PROBLEMAS DE SOBRECARGA TÉRMICA, SINO UNA TENDENCIA HACIA TEMPERATURAS FRESCAS QUE PUEDEN RESULTAR LIBERAMENTE FRÍAS EN CIERTOS MOMENTOS, POR ELLO, EL RETO NO ESTÁ EN DISIPAR CALOR, SINO EN LOGRAR UN MEJOR BALANCE TÉRMICO MEDIANTE ESTRATEGIAS QUE PERMITAN UNA MAYOR CAPTACIÓN SOLAR CONTROLADA O UNA REGULACIÓN ADECUADA DE LA VENTILACIÓN NATURAL.

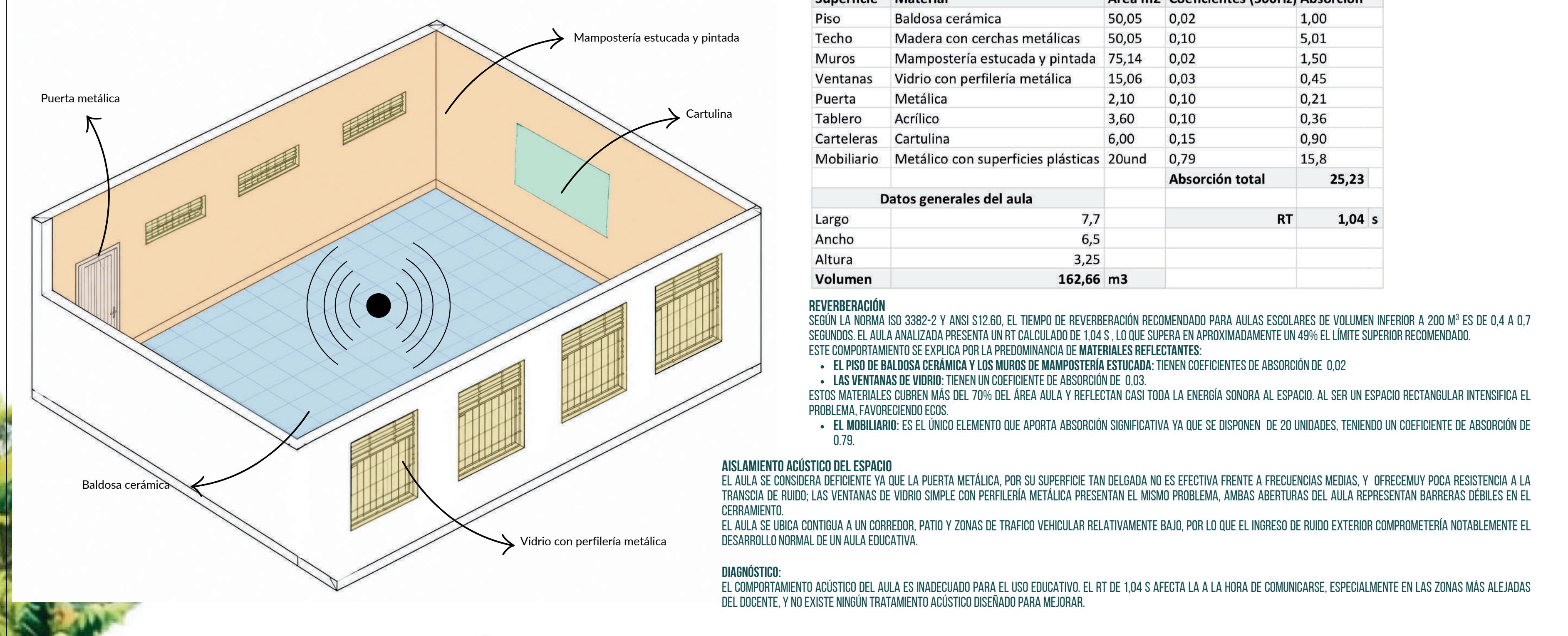
### DIAGNÓSTICO LUMÍNICO



### PROS Y CONTRAS

- PROS**
- EL AULA TIENE UNA BUENA ENTRADA DE LUZ NATURAL EN LA ZONA CERCA A LA FACHADA.
  - LA ILUMINACIÓN NATURAL CUBRE GRAN PARTE DEL SALÓN DURANTE EL DÍA.
  - EL ESPACIO PUEDE REDUCIR EL USO DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN HORAS DIURNAS.
  - LA MAYOR PARTE DEL AULA PRESENTA UNA EXPOSICIÓN SOLAR CONTROLADA.
  - LA VENTANERA MEJORA LA PERCEPCIÓN DE AMPLITUD E ILUMINACIÓN DEL ESPACIO.
  - LOS PROBLEMAS DE ILUMINACIÓN SE CONCENTRAN EN ZONAS ESPECÍFICAS Y PUEDEN CORREGIRSE FÁCILMENTE.
- CONTRAS**
- EXISTE UN Desequilibrio EN LA PROFUNDIDAD DEL SALÓN, MIENTRAS LA FACHADA ESTÁ SOBRE ILUMINADA, EL AREA POSTERIOR CERCA AL ACCESO PRESENTA NIVELES INFERIORES A 100 LX, COMPROMIETIENDO EL DESEMPEÑO VISUAL.
  - LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN ÚTIL EN LA ZONA DE LA VENTANERA SUPERAN LOS 2000 LX, LO QUE PUEDE GENERAR UNA ALTA PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO PARA LOS USUARIOS QUE SE SITUEN CERCA A ESTA ZONA.
  - LA ALTA EXPOSICIÓN SOLAR DIRECTA EN LA FRANJA CERCA A LA VENTANERA GENERA UN PRESIÓN INMEDIATA DE SOBRECARGA TÉRMICA POR RADIACIÓN, AFECTANDO EL CONFORT TÉRMICO EN LOS PUESTOS DE TRABAJO INVOLUCRADOS.
- CONCLUSIONES**
- EL ESPACIO APROVECHA ADECUADAMENTE LA LUZ NATURAL EN LA FRANJA PRÓXIMA A LA FACHADA. EXISTE UN Desequilibrio LUMÍNICO ENTRE LA ZONA CERCA A LA VENTANA Y EL FONDO DEL AULA. LA SOBRECARGA SOLAR EN LA VENTANERA PUEDE GENERAR DESLUMBRAMIENTO Y AUMENTO DE TEMPERATURA INTERIOR. LAS ÁREAS POSTERIORES DEL SALÓN PRESENTAN DEFICIT DE ILUMINACIÓN NATURAL PARA ACTIVIDADES ACADÉMICAS CONTINUAS. EL AULA REQUIERE ESTRATEGIAS DE CONTROL SOLAR Y REDISTRIBUCIÓN DE LUZ PARA MEJORAR EL CONFORT VISUAL Y TÉRMICO.

### DIAGNÓSTICO ACÚSTICO



### PROS Y CONTRAS

- PROS**
- EL MOBILIARIO APORTA LA MAYOR PARTE DE LA ABSORCIÓN, LO QUE MEJORA EL RT CUANDO EL AULA ESTÁ OCUPADA.
  - LAS CARTELERAS DE CARTULINA CONTRIBUYEN A ABSORBER MEDIA DE 0.15 Y PODRÍA MEJORARSE FÁCILMENTE.
  - LA CUBIERTA DE MADERA TIENE MEJOR DESEMPEÑO QUE UN TESCO LISO CONVENCIONAL, YA QUE LA POROSIDAD DE LA MADERA Y LOS ESPACIOS ENTRE ALFARADAS PUEDEN ABSORBER MÁS RUIDO QUE UNA CUBIERTA DE SUPERFICIE LISA.
  - EL VOLUMEN MODERADO DEL ESPACIO (162.66 M<sup>3</sup>) FACILITA LA IMPLEMENTACIÓN DE TRATAMIENTOS CORRECTIVOS.
- CONTRAS**
- EL RT SUPERA EN UN 49% EL LIMITE RECOMENDADO POR LAS NORMAS INTERNACIONALES.
  - PISO, MUROS Y VENTANAS REFLEJAN CASI LA TOTALIDAD DEL RUIDO POR SUS BAJOS COEFICIENTES DE ABSORCIÓN.
  - LA CONFIGURACIÓN RECTANGULAR SIN DIFUSORES GENERA ECHO Y DISTRIBUCIÓN DESIGUAL DEL SONIDO.
  - LA PUERTA METÁLICA Y LAS VENTANAS DE VIDRIO SIMPLE COMPROMETEN EL AISLAMIENTO FRENTE AL RUIDO EXTERIOR.
  - SIN EL MOBILIARIO, EL DESEMPEÑO ACÚSTICO DEL AULA SERÍA CRÍTICO.
- CONCLUSIONES**
- EL AULA PRESENTA UN RT DE 1.04 S, SUPERANDO EN UN 49% EL VALOR RECOMENDADO DE 0.4-0.7 S PARA ESPACIOS EDUCATIVOS. ESTO DETERIORA LA COMUNICACIÓN EN SU INTERIOR Y GENERA UN MAYOR ESFUERZO A LA HORA DE HACERLO.
  - LA CAUSA PRINCIPAL ES LA PREDOMINANCIA DE MATERIALES REFLECTANTES COMO LO SON LAS BALDOSA, LA MAMPOSTERÍA Y EL VIDRIO QUE CUBREN MÁS DEL 70% DE LAS SUPERFICIES CON COEFICIENTES DE ABSORCIÓN ENTRE 0.02 Y 0.03. EL MOBILIARIO, CON 0.79, SOSTIENE LA MAYOR PARTE DE LA ABSORCIÓN TOTAL, LO QUE DEJA EVIDENCIADO SU FALTA DE DISEÑO ACÚSTICO.



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA



## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

**CONTEXTO**

**INFORMACIÓN BÁSICA**

Ubicación: Medellín  
Barrio: La Floresta  
Nivel: Segundo piso  
Uso: Aula de clase  
Ocupación: 35 personas  
Clima: cálido-húmedo tropical

**ANÁLISIS AULA B201 - I.E. SANTA ROSA DE LIMA**

**VISTA EN PLANTA Y SECCIÓN**

**SALÓN B201**

**DISTRIBUCIÓN**

### COMPORTAMIENTO TÉRMICO.

**ANÁLISIS SOLAR Y ASOLEAMIENTO**

**ANÁLISIS TEMPERATURA Y HUMEDAD**

**ANÁLISIS DE PMV Y PPD**

A las 7:40 AM, el aula presenta condiciones cercanas al confort térmico, ya que la ventilación natural y la configuración espacial permiten mantener un ambiente fresco y habitable sin necesidad de sistemas mecánicos. Sin embargo, a las 3:20 PM el confort depende principalmente del movimiento del aire, ya que la acumulación térmica y la humedad elevada generan sensación de bochorno cuando la ventilación disminuye.

Durante las horas más frías, los resultados muestran que el espacio pierde estabilidad térmica y no logra mantener condiciones de aislamiento. Además, el análisis demuestra que el confort cambia según la vestimenta y las condiciones ambientales, por lo que el usuario debe adaptar su ropa y aprovechar la ventilación natural para mantener condiciones adecuadas de bienestar térmico. Durante la madrugada, el espacio pierde estabilidad térmica debido a la alta humedad y a la falta de aislamiento suficiente, generando condiciones de desconfort para los ocupantes.

**ANÁLISIS DE LOS MATERIALES**

El muro de ladrillo macizo de 25 cm con revestimiento de revoque presenta buena masa e inercia térmica, permitiendo absorber y retener la transferencia de calor hacia el interior. Esto ayuda a estabilizar la temperatura del aula y reducir cambios térmicos bruscos durante el día.

Debido a la radiación central característica de Medellín, la cubierta recibe la mayor carga térmica durante el día. Sin embargo, al no contar con aislamiento adicional, continúa permitiendo transferencia térmica en periodos prolongados de radiación solar, por lo que no evita completamente el sobrecalentamiento interior.

**PROS**

- Ventilación cruzada natural. Las aberturas norte-sur permiten ventilación cruzada y renovación constante del aire, ayudando a disipar parcialmente el calor y mejorar el confort térmico.
- Muros con inercia térmica. Los muros de ladrillo absorben y retrasan la transferencia de calor, aportando mayor estabilidad térmica al aula durante el día.
- Iluminación natural. Las ventanas amplias favorecen el ingreso de luz natural y reducen parcialmente la necesidad de iluminación artificial.
- Relación con el clima. La configuración abierta del aula aprovecha los vientos predominantes y favorece estrategias pasivas de acondicionamiento térmico.
- Estrategias pasivas. El espacio puede alcanzar condiciones aceptables de confort térmico mediante ventilación natural, sin depender de sistemas mecánicos.

**CONTRAS**

- Sobrecalentamiento de la cubierta. La cubierta liviana recibe alta radiación solar y transmite rápidamente el calor hacia el interior del aula.
- Acumulación térmica. Entre las 1:00 PM y las 3:00 PM se presenta acumulación de calor, aumentando la temperatura interior y reduciendo el confort térmico.
- Alta humedad interior. La humedad elevada y la ocupación constante incrementan la sensación de bochorno y disminuyen el bienestar térmico.
- Falta de protección solar. Las ventanas permiten ingreso parcial de radiación solar debido a la ausencia de elementos de control y protección solar.
- Dependencia de la ventilación natural. El confort térmico depende principalmente del movimiento del aire; cuando la ventilación disminuye, el espacio pierde rápidamente condiciones adecuadas de confort.

### COMPORTAMIENTO LUMÍNICO.

**ANÁLISIS DIAGRAMA DE SOMBRAS**

**COMPARACIONES ANÁLISIS CON DIAGRAMA DE AUTONOMÍA DE LA LUZ NATURAL**

Los diagramas de abril, mayo y junio muestran variaciones en las sombras proyectadas y una baja incidencia de radiación solar directa al interior del aula. Durante estos meses predomina una iluminación más difusa debido a la trayectoria solar de Medellín y a la presencia de obstáculos como el árbol y las edificaciones cercanas, que filtran parcialmente la luz solar.

La iluminación natural ingresa principalmente por las ventanas y favorece las zonas cercanas a las aberturas, mientras que el fondo del salón recibe menor cantidad de luz debido a la profundidad del espacio. Las sombras ayudan a distribuir la luz de manera más uniforme y reducen parcialmente el deslumbramiento dentro del aula.

En general, el comportamiento lumínico entre abril y junio es favorable, ya que permite aprovechar iluminación natural y controlar parcialmente la radiación directa; sin embargo, algunas áreas interiores requieren apoyo de iluminación artificial por la menor profundidad lumínica.

**ANÁLISIS DE LA LUZ NATURAL**

Se evidencia que gran parte del aula alcanza niveles adecuados de iluminación natural durante el día, especialmente en las zonas cercanas a las ventanas, donde existe mayor ingreso de luz. Esto permite reducir parcialmente la necesidad de iluminación artificial y favorece la eficiencia energética del espacio.

Sin embargo, debido a la profundidad del aula y a la distancia respecto a las aberturas, los niveles de iluminación disminuyen progresivamente hacia el fondo del salón. Esto genera una distribución lumínica menos uniforme y evidencia que algunas áreas requieren apoyo de iluminación artificial en determinados horarios.

**ANÁLISIS POR LA LUZ NATURAL UTIL**

Muestra que la mayor parte del aula se encuentra dentro de rangos útiles de iluminación natural, permitiendo condiciones visuales adecuadas para el desarrollo de actividades académicas.

Las zonas próximas a las ventanas presentan mejores niveles lumínicos y mayor aprovechamiento de luz natural, mientras que las áreas más profundas del espacio registran menor intensidad lumínica debido a la pérdida progresiva de iluminación hacia el interior. Esto evidencia que la distribución de luz natural no es completamente homogénea dentro del aula.

**EXPOSICIÓN ANUAL A LA RADIACIÓN SOLAR**

Se evidencia una baja exposición a radiación solar directa dentro del aula, lo que favorece condiciones visuales más confortables y reduce riesgos de deslumbramiento y sobreexposición lumínica en las zonas cercanas a las ventanas.

Este comportamiento se relaciona con la orientación del aula y con la presencia de obstáculos exteriores, como árboles y edificaciones cercanas, que filtran parcialmente la radiación solar directa. Sin embargo, la baja incidencia solar también provoca que la luz natural pierda intensidad hacia las zonas más profundas del salón, afectando parcialmente la uniformidad lumínica del espacio interior.

**PROS**

- Optimización del Confort Térmico Pasivo: Al no recibir radiación solar directa de manera constante, el salón mantiene una inercia térmica estable, evitando el sobrecalentamiento y favoreciendo un ambiente apto para la concentración.
- Calidad de Iluminación Difusa y Constante: La orientación hacia el norte permite la entrada de una luz homogénea y suave, eliminando sombras arrojadas de alto contraste que suelen dificultar las actividades en el plano de trabajo.
- Control Efectivo del Resplandor: Durante la mayor parte del año, el diseño protege el espacio de brillos molestos sobre el mobiliario (pupitros), lo que garantiza un confort visual superior para los estudiantes.
- Eficiencia en la Protección Solar: El análisis de acoplamiento demuestra que la configuración del bloque funciona como una barrera natural, minimizando la carga térmica sin necesidad de sistemas mecánicos adicionales.

**CONTRAS**

- Baja Autonomía Lumínica Posterior: La profundidad del salón, sumada a materiales con coeficientes de reflectancia moderados en muros (concreto/ladrillo), impide que la luz natural alcance el fondo del aula, generando una zona de penumbra persistente.
- Deslumbramiento Estacional Crítico: En el mes de junio, la inclinación solar norte impacta directamente las primeras filas, causando un exceso de brillo (glare) que invalida el confort visual en los puestos delanteros.
- Absorción Lumínica Ineficiente: El uso de materiales con texturas rugosas o tonos oscuros (según los niveles de reflectancia analizados) absorbe la luz en lugar de reflejarla, lo que obliga a mantener la iluminación artificial encendida incluso en días despejados.
- Ambiente Higrométrico Desfavorable: La falta de radiación directa durante gran parte del año dificulta la deshumidificación natural, lo que en días de lluvia puede generar una sensación térmica de frío o humedad excesiva.
- Consumo Energético Elevado: La distribución desigual de la luz natural crea una dependencia innecesaria de la red eléctrica para iluminar las áreas profundas del aula.

**CONCLUSIÓN:**

El aula presenta un óptimo confort térmico gracias a su orientación norte, que evita el sobrecalentamiento y mantiene temperaturas estables para el aprendizaje. Sin embargo, existe un déficit de autonomía térmica en el fondo del salón debido a su profundidad, lo que genera una dependencia crítica de luz artificial.

Para equilibrar el espacio, es necesario mejorar la reflectancia de los materiales interiores (techos y muros) para redistribuir la luz natural hacia las zonas oscuras y mitigar el deslumbramiento estacional identificado en junio.

### COMPORTAMIENTO ACÚSTICO.

**DIAGNÓSTICO ACÚSTICO**

Área Aula: 50.97

**ÁREAS MATERIALES DEL AULA**

MURO A	MATERIAL	ÁREA
Muro sólido	pintura	13.36 m²
Ventanas	Vidrio	10.76 m²

MURO B	MATERIAL	ÁREA
Muro sólido	pintura	16.03 m²
Tablero	Madera	3.60 m²
TV	Vidrio	0.87 m²

MURO C	MATERIAL	ÁREA
Muro sólido	pintura	19.07 m²
Ventanas	Vidrio	2.95 m²
Puerta	Metal	2.10 m²

MURO D	MATERIAL	ÁREA
Muro sólido	pintura	16.90 m²
Tablero	Madera	3.60 m²

**CÁLCULO DE REVERBERACIÓN**

MATERIAL	Coefficiente de absorción (500 Hz)	Área de superficies m²	AT
Pintura	0.03	65.36	1.96
Madera	0.1	58.27	5.83
Metal	0.01	5.6	0.06
Vidrio	0.03	14.58	0.44
Baldosa cerámica	0.02	50.97	1.02
<b>ABSORCIÓN TOTAL DEL ESPACIO</b>			<b>9.31</b>

AT: ABSORCIÓN TOTAL DEL ESPACIO  
RT: TIEMPO DE REVERBERACIÓN  
Volumen: 159 m³  
AT=9.31  
RT= 0.161 \* VOL/AT  
RT= 0.161 \* 159 / 9.31  
RT= 2.75 s

**PROS**

- El techo en madera aporta cierta absorción acústica y reduce parcialmente la dureza sonora del espacio.
- La configuración rectangular del aula favorece una distribución relativamente homogénea del sonido.
- La amplitud del espacio permite una adecuada propagación de la voz dentro del salón.
- Los elementos en madera presentes en el aula contribuyen ligeramente a disminuir las reflexiones sonoras.

**CONTRAS**

- El piso en baldosa y las superficies vidriadas generan una alta reflexión del sonido dentro del aula.
- La presencia de materiales lisos y rígidos incrementa el tiempo de reverberación del espacio.
- Las vigas metálicas expuestas contribuyen a la reflexión acústica y aumentan la permanencia del sonido.
- El tiempo de reverberación obtenido puede afectar la inteligibilidad de la voz durante las clases.
- Las aberturas y ventanas amplias permiten el ingreso de ruido exterior al espacio.

**CONCLUSIÓN:**

El tiempo de reverberación obtenido para el aula fue de aproximadamente 2.75 segundos, superando el rango recomendado para espacios educativos, el cual se encuentra entre 0.6 y 0.8 segundos. Esto indica que el espacio presenta una reverberación alta debido a la predominancia de materiales reflectivos como la baldosa, el vidrio y el metal. Aunque la madera presente en el techo aporta cierta absorción sonora, no es suficiente para controlar completamente las reflexiones acústicas dentro del aula. Además, las ventanas amplias facilitan el ingreso de ruido exterior, afectando el confort acústico del espacio.

ESTUDIANTES: Yeferson Dadian Hurtado Moreno - Jheinson Andrés Vásquez Mejía



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA



# XXVII SEMANA DE LA FACULTAD ARQUITECTURA E INGENIERÍA

## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

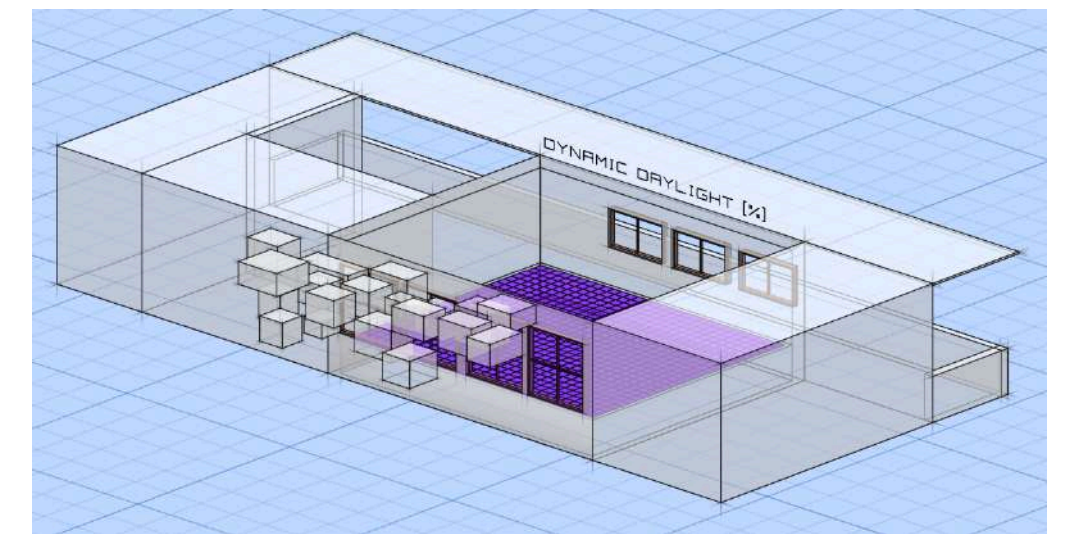
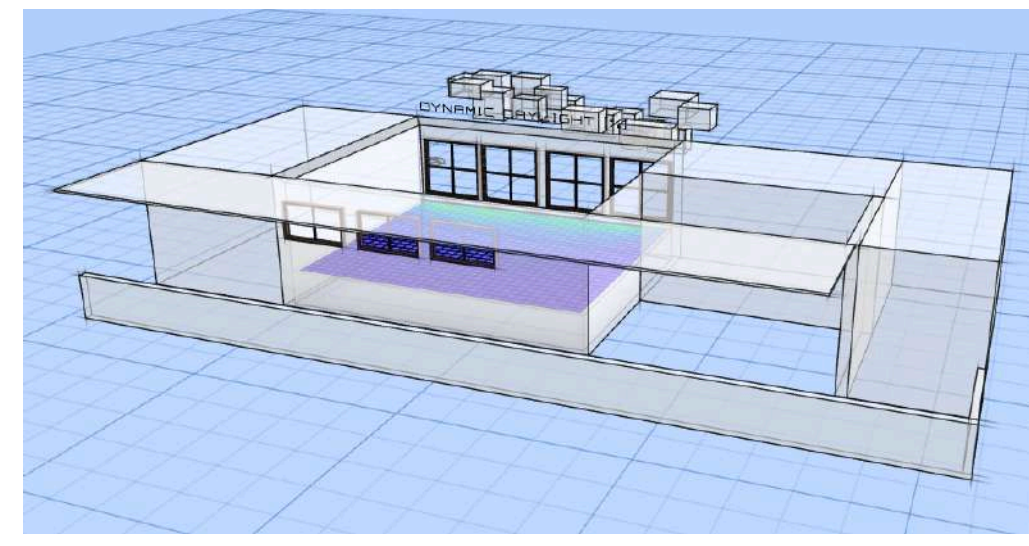
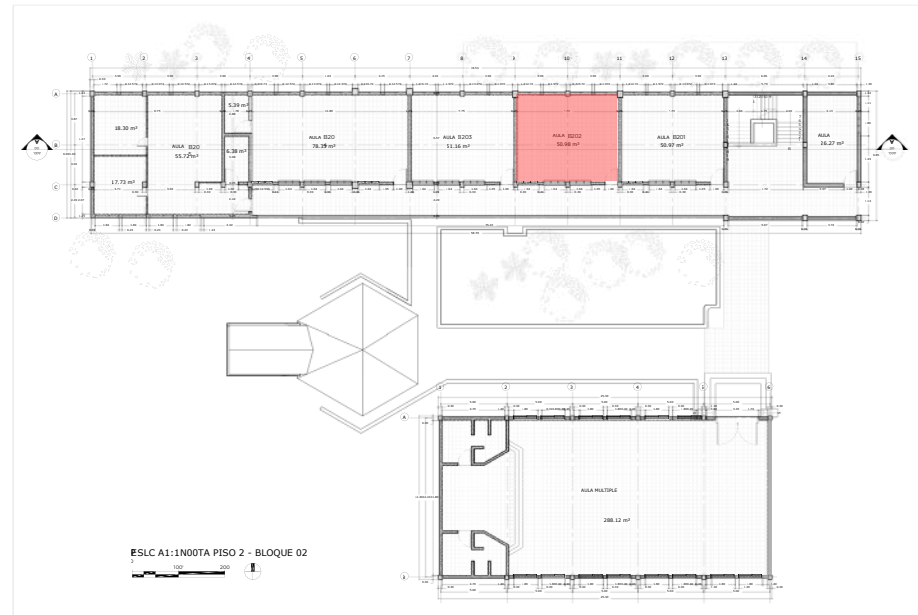
### LOCALIZACIÓN



I.E. Santa Rosa de Lima Barrio la floresta

Aula B201 Salon de estudio ubicado en el nivel dos del bloque B

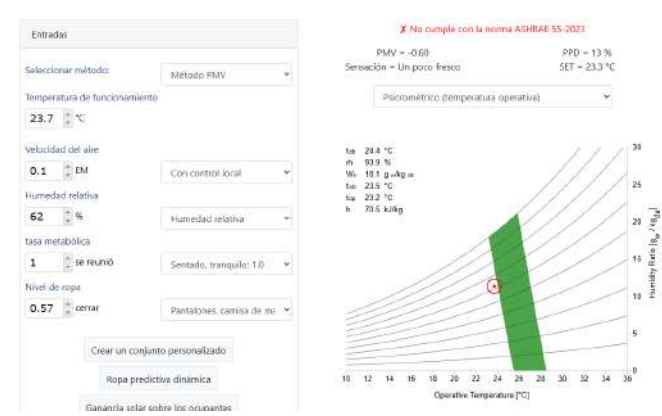
Fecha destinada al analisis  
• Semana 4



### DIAGNÓSTICO TÉRMICO

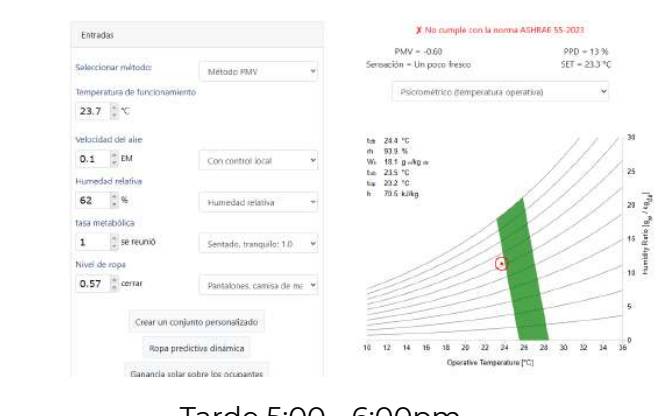
CÁLCULO PMV - PPD

Mañana 9:00 - 10:00am



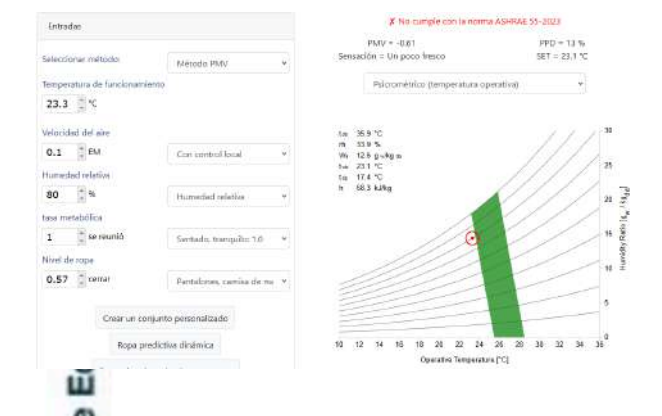
El PMV de -1,68 indica una sensación de frío considerable, generando desconfort térmico. El PPD de 61% confirma que gran parte de los usuarios se sienten insatisfechos. Aunque la temperatura no es muy baja, la alta humedad y la poca ventilación afectan negativamente la percepción térmica.

Tarde 2:00 - 3:00pm



El PMV de -0,60 refleja una sensación ligeramente fresca y más cercana al confort térmico. La disminución de la humedad mejora la percepción del espacio; sin embargo, la ventilación continúa siendo insuficiente.

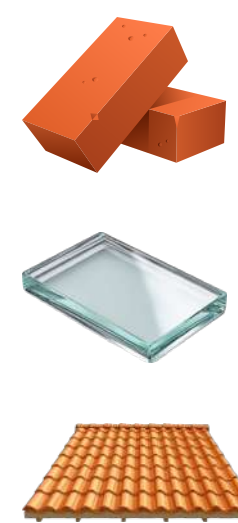
Tarde 5:00 - 6:00pm



Aunque la temperatura disminuye ligeramente, el aumento de la humedad relativa vuelve a generar incomodidad térmica. El PMV de -0,61 indica una sensación ligeramente fresca y el PPD de 13% evidencia que aún existen usuarios insatisfechos.

### MATERIALES

Análisis herramienta opaque



**Ladrillo rojo cocido**

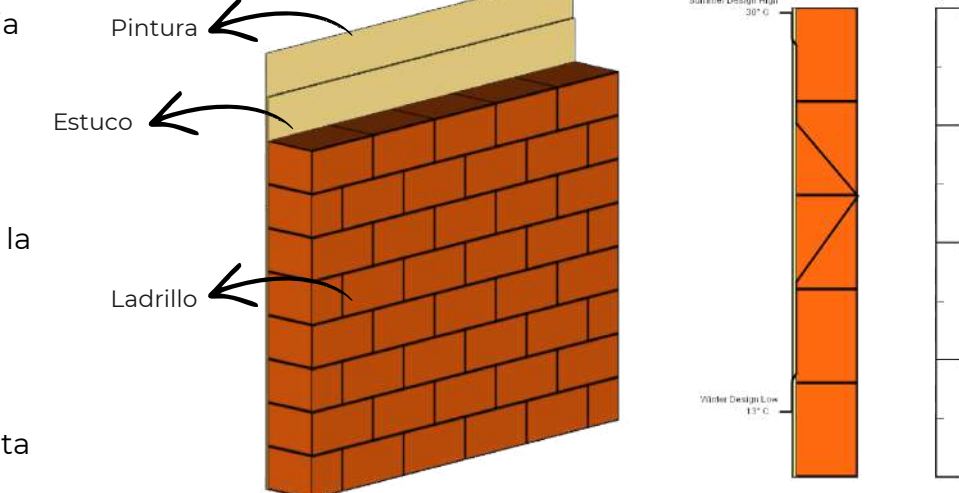
Presenta alta transmitancia térmica y baja resistencia térmica, permitiendo el paso rápido del calor hacia el interior del aula.

**Vidrio transparente**

Facilita el ingreso directo de radiación solar, aumentando la ganancia térmica y la temperatura interior del espacio.

**Cubierta de fibrocemento**

Su bajo índice de reflectancia solar favorece la absorción de calor, aumentando la temperatura de la cubierta y transfiriendo calor hacia el interior del aula.



Material	mm	R value
Brick	100,0	0,11
Inside Air Film (Int)	0,0	0,12
Stucco	5,0	0,01
Plaster (stucco)	2,0	0,02
Outside Air Film	0,0	0,04
Wall Section Properties:		
Orientation (Degrees from South):		90,0
Tilt (Degrees from Horizontal):		90,0
Surface Absorptivity (%):		30,0
Ground Reflectance (%):		20,0
Total Thickness (mm):		107,0
Total R value:		0,28
Total U value:		3,535
Decrement Factor:		0,97
Time Lag:		-1,36

El muro presenta una baja resistencia térmica (R bajo) y una alta transmitancia térmica (U alto), lo que permite una rápida transferencia de calor hacia el interior. Además, el factor de decremento cercano a 1 indica una baja capacidad para amortiguar las variaciones térmicas exteriores. En general, el sistema presenta un bajo desempeño térmico, favoreciendo la ganancia de calor dentro del espacio.

### Conclusiones

El aula presenta temperaturas moderadas; sin embargo, la alta humedad y la baja ventilación afectan el confort térmico. Los resultados de PMV y PPD muestran que la percepción térmica depende de variables como la humedad y la velocidad del aire, además de la temperatura. La ventilación natural es el factor más importante en el comportamiento térmico del espacio, ya que mejora significativamente las condiciones de confort. Además, los materiales de la envolvente presentan baja capacidad de aislamiento, permitiendo una rápida transferencia de calor hacia el interior. La cubierta de fibrocemento es uno de los elementos más críticos por su alta absorción térmica. Se recomienda mejorar la ventilación cruzada y el control solar para optimizar el confort térmico.

#### Pros

- Temperaturas relativamente estables.
- Buena iluminación natural.
- Potencial de mejora mediante estrategias pasivas.

#### Contras

- Alta humedad relativa.
- Ventilación insuficiente.
- Materiales con bajo aislamiento térmico.
- Ganancia térmica en cubierta y ventanas.

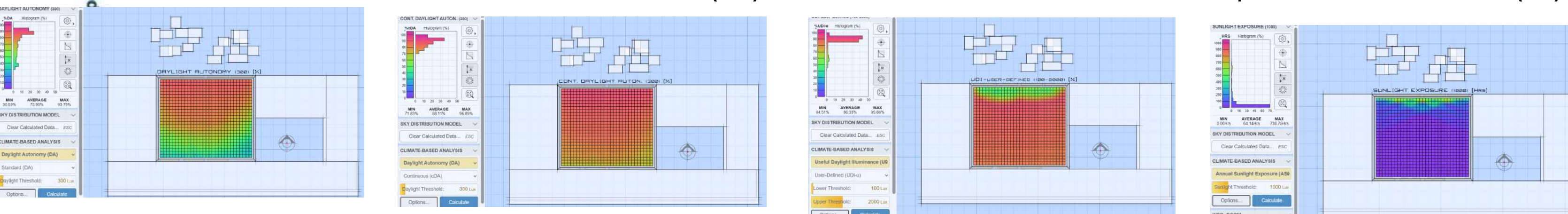
### DIAGNÓSTICO LUMÍNICO

Autonomía de la luz natural (DA)

Autonomía continua de la luz natural (CDA)

Iluminancia por luz natural útil (UDI)

Exposición anual a la radiación solar (ASE)

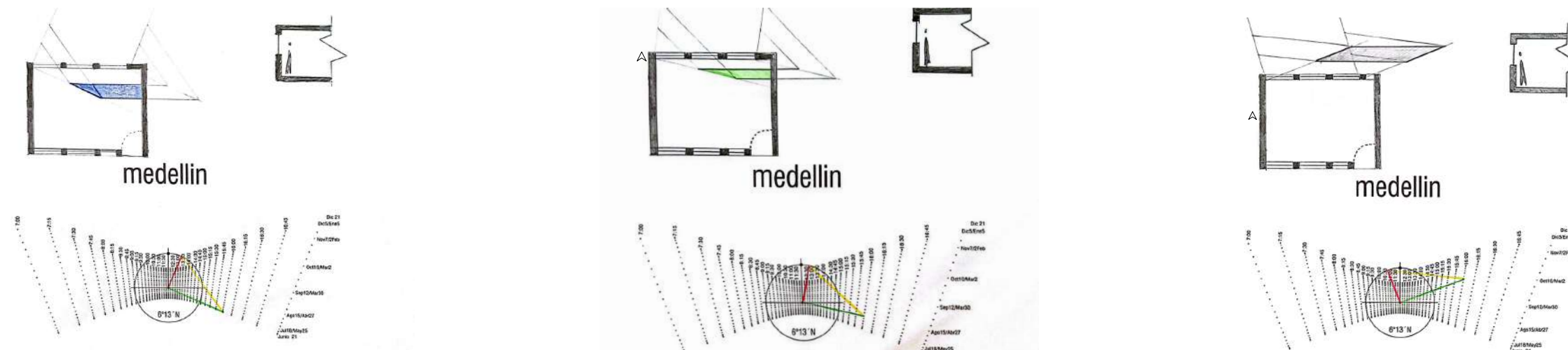


### DIAGRAMA DE SOMBRAS

Junio 21 - 16:00

Agosto 15 - 16:00

Octubre 10 - 16:00



### Conclusiones

El análisis realizado mediante Andrew Marsh evidencia un buen desempeño de iluminación natural, alcanzando niveles adecuados de autonomía lumínica durante gran parte del año. Los resultados de DA y CDA muestran que la mayor parte del espacio recibe suficiente luz natural, reduciendo la necesidad de iluminación artificial. Sin embargo, en el análisis UDI se observa que las zonas cercanas a las ventanas presentan valores superiores a 2000 lux, indicando sobreiluminación en ciertos momentos del año, lo que puede generar deslumbramiento e incomodidad visual. Por otro lado, el análisis ASE indica que la exposición anual a radiación solar directa no es crítica en la mayor parte del espacio, evidenciando un control solar relativamente eficiente. En general, el comportamiento lumínico del proyecto es positivo, aunque sería recomendable incorporar estrategias complementarias de control solar cerca de las aperturas de la fachada trasera.

#### Pros

- Buena entrada de luz natural.
- Menor uso de iluminación artificial.
- Distribución lumínica adecuada en gran parte del espacio.
- Baja exposición crítica a radiación solar.

#### Contras

- Sobreiluminación cerca de las ventanas.
- Posible deslumbramiento en algunas zonas.
- Diferencia lumínica entre áreas interiores.
- Necesidad de control solar complementario.

### DIAGNÓSTICO ACÚSTICO

#### Cálculo tiempo de reverberación del espacio

$$RT=0,161 \frac{V}{AT}$$

V= Volumen del recinto (m<sup>3</sup>)  
AT= Absorción total del espacio

Volumen del aula  
V=7,73 mX6,25 mX3,12 m=150,6 m<sup>3</sup>

#### Absorción total (At)

$$At=0,97+0,97+1,68+0,58+0,25+0,04+0,4=4,9$$

#### Tiempo de Reverberación (RT)

$$RT=0,161 \frac{150,6}{4,9} =4,95 \text{ s}$$

#### Comparación con valores recomendados

- Aulas escolares: 0,6 – 1,0 s
- Resultado obtenido: = 4,9 s

#### Áreas y coeficientes de absorción (500 Hz)

Superficie	Área (m <sup>2</sup> )	Material	Coef. (a)	Contribución (a·S)
Piso	48,3	Baldosa ( hormigón)	0,02	0,97
Techo	48,3	Madera con vigas	0,02	0,97
Paredes	84	Ladrillo	0,02	1,68
Ventanas muro 1	4 × (1,75 × 1,66) = 11,6	Vidrio simple	0,05	0,58
Ventanas muro 2	3 × (1,64 × 1,0) = 4,9	Vidrio simple	0,05	0,25
Puerta	2,1	Acero	0,02	0,04
Mobiliario	40 pupitres rígidos	Plástico/metal	≈0,01 cada uno + 0,4	0,4

### Conclusiones

El aula presenta temperaturas moderadas; sin embargo, la alta humedad y la baja ventilación afectan el confort térmico. Los resultados de PMV y PPD muestran que la percepción térmica depende de variables como la humedad y la velocidad del aire, además de la temperatura. La ventilación natural es el factor más importante en el comportamiento térmico del espacio, ya que mejora significativamente las condiciones de confort. Además, los materiales de la envolvente presentan baja capacidad de aislamiento, permitiendo una rápida transferencia de calor hacia el interior. La cubierta de fibrocemento es uno de los elementos más críticos por su alta absorción térmica. Se recomienda mejorar la ventilación cruzada y el control solar para optimizar el confort térmico.

#### Pros

- Muros pesados de ladrillo generan buen aislamiento frente al exterior.
- Buena iluminación y ventilación natural.
- Espacio amplio y estructuralmente sólido.

#### Contras

- Tiempo de reverberación ≈ 5 s esta muy por encima del rango recomendado.
- Ventanas grandes reducen aislamiento y aumentan reflexión.
- Ambiente sonoro poco adecuado para la comunicación docente-estudiante.



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA®



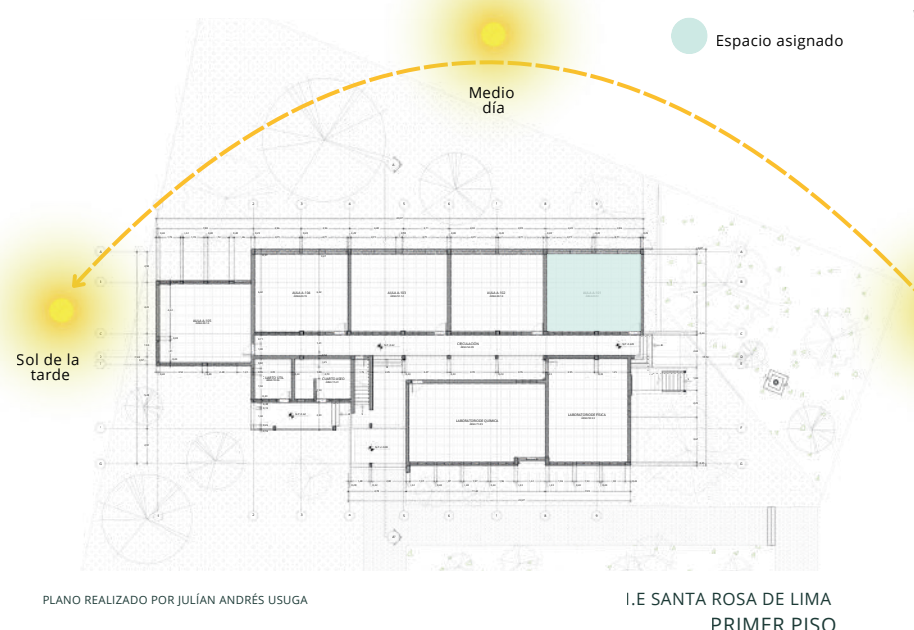
Felipe Goenaga  
Dyllan Posada  
Manuela Rivera

# XXVII SEMANA DE LA FACULTAD ARQUITECTURA E INGENIERÍA

## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

Diagnóstico Térmico

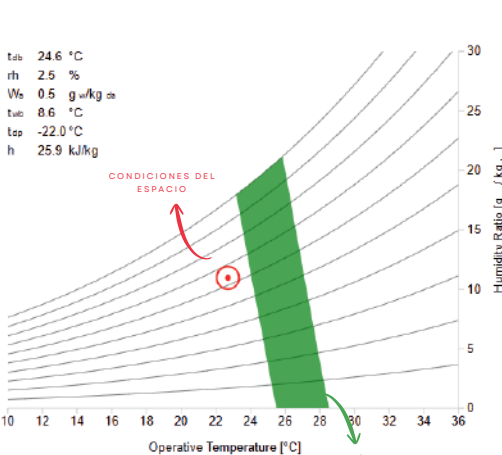
### ORIENTACIÓN DEL ESPACIO



### MODELO DE CONFORT ADAPTATIVO

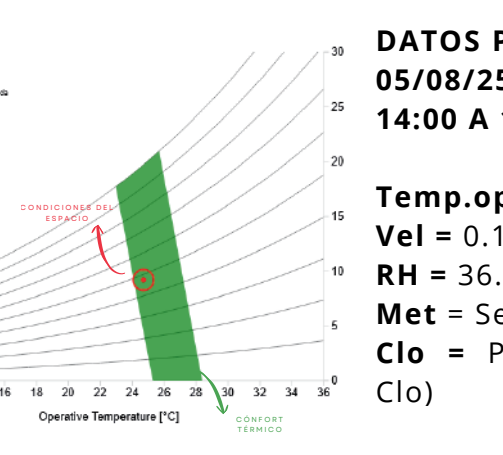
**DATOS PROMEDIO MARTES 05/08/25 EN LA MAÑANA DE 6:00 A 10:00**

Temp.operativa= 22.7 °C  
Vel = 0.1 m/s  
RH = 63.6 %  
Met = Sentado (1.0)  
Clo = Prendas base (0,57 Clo)



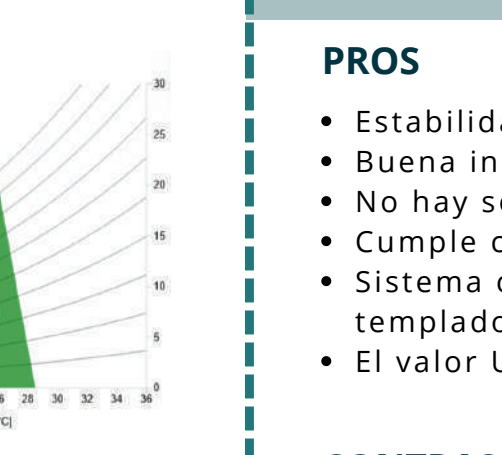
**DATOS PROMEDIO DEL MARTES 05/08/25 DE 10:00 A 14:00**

Temp.operativa= 24.7 °C  
Vel = 0.1 m/s  
RH = 47.4 %  
Met = Sentado (1.0)  
Clo = Prendas base (0,57 Clo)



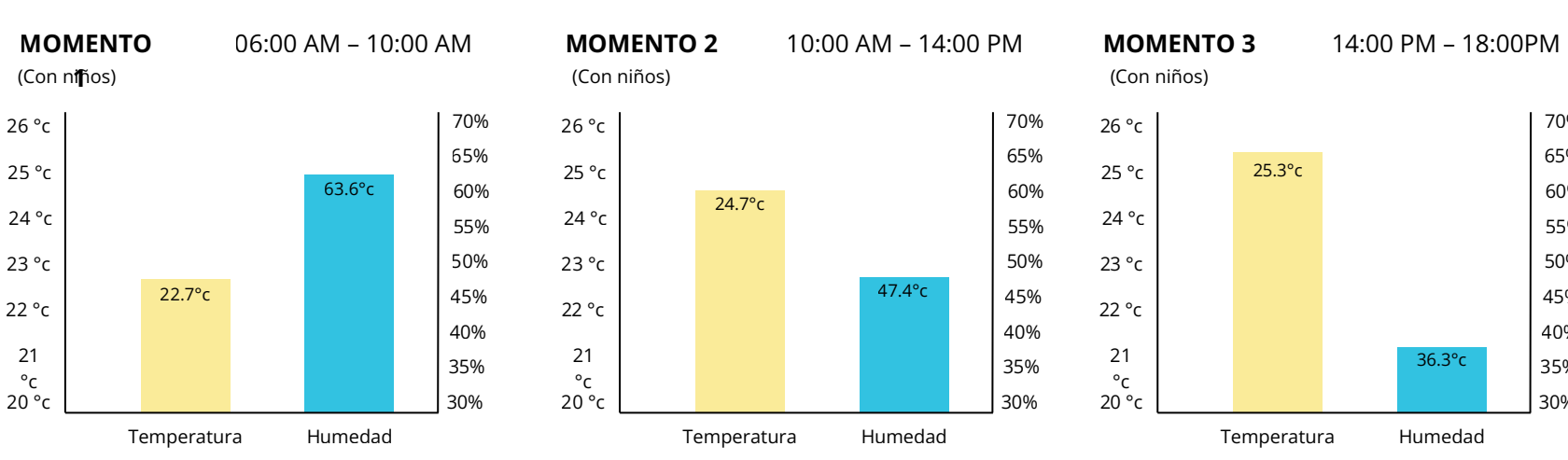
**DATOS PROMEDIO MARTES 05/08/25 EN LA TARDE DE 14:00 A 18:00**

Temp.operativa= 25.3 °C  
Vel = 0.1 m/s  
RH = 36.6 %  
Met = Sentado (1.0)  
Clo = Prendas base (0,57 Clo)



Durante el día martes, el Aula 101 mantuvo condiciones dentro del rango de confort adaptativo en las tres franjas horarias. En la mañana la temperatura operativa de 22.7°C con 63.6% de humedad generó una sensación levemente fresca; al mediodía los 24.7°C y 47.4% de humedad representaron el momento más confortable y equilibrado del día; y en la tarde los 25.3°C con 36.6% de humedad llevaron el ambiente hacia el límite superior del confort, percibiéndose cálido pero tolerable.

### PERCEPCIÓN DEL ESPACIO



Presenta condiciones térmicas tolerables tanto en la mañana, que es fresca, como en la tarde, que es cálida. La humedad desciende hacia las 9-10 a.m. cuando el espacio está ocupado, posiblemente por la apertura de puertas y ventanas, lo que hace que el calor se perciba menos bochornoso y más llevadero. Aunque los picos térmicos superan los del sábado debido al calor metabólico de los estudiantes, el ambiente se siente cálido, seco y en general más confortable que en ese día.

### CALCULO PMV Y PPD



Se registró un PMV de -0.52, ubicándose en el límite inferior del rango de confort térmico aceptable, lo que indica una sensación levemente fría para los ocupantes del espacio. Por su parte, el PPD fue del 13%, lo que significa que aproximadamente 1 de cada 8 personas presentes en el aula percibió algún nivel de incomodidad térmica durante la jornada. Si bien estos valores se encuentran dentro de los rangos técnicamente aceptables según los estándares de confort térmico

#### PROS Y CONTRAS

**PROS**

- Estabilidad térmica diaria
- Buena inercia térmica.
- No hay sobrecalentamiento.
- Cumple confort en horas centrales.
- Sistema constructivo coherente con clima templado.
- El valor U es funcional en este contexto.

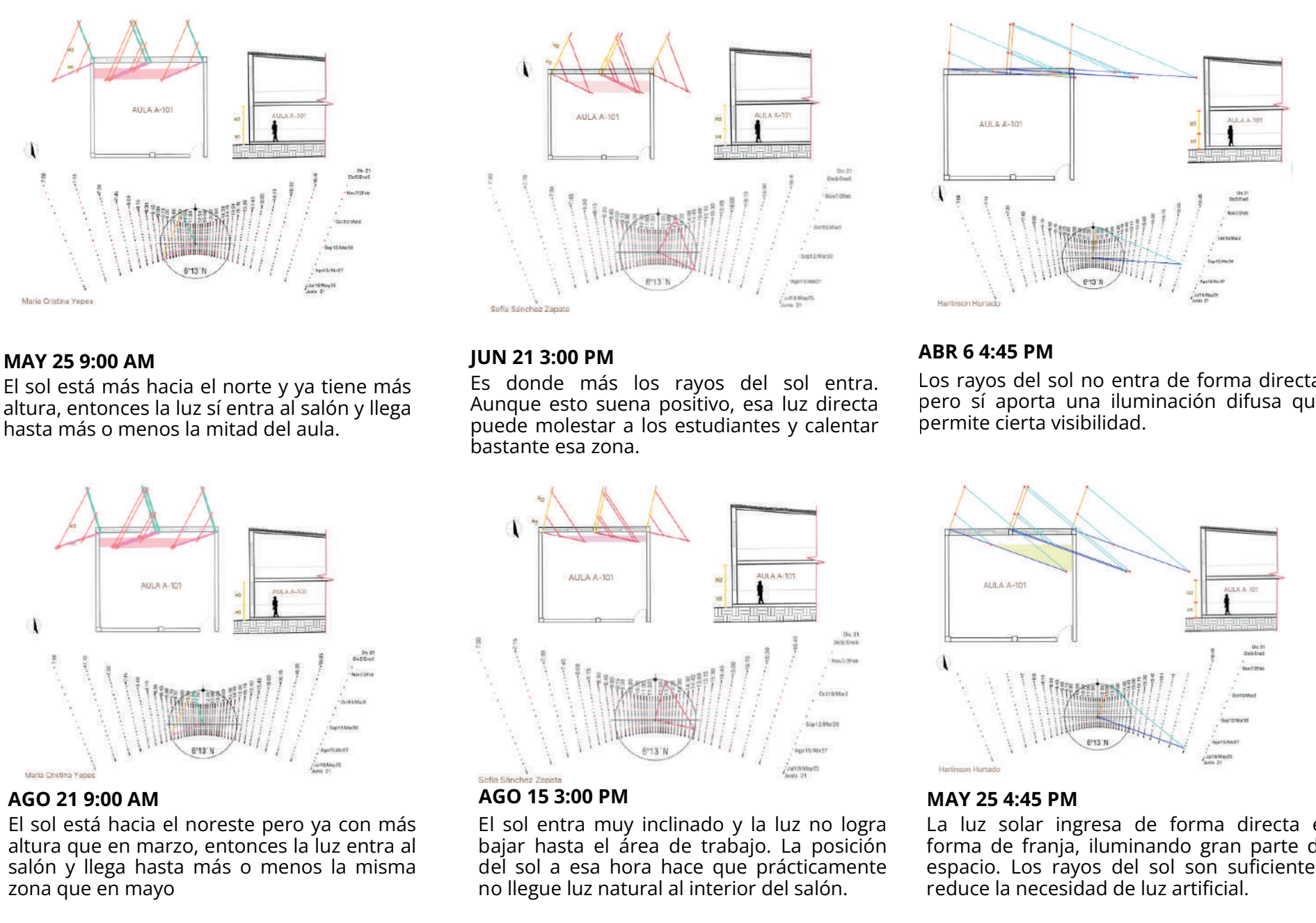
**CONTRAS**

- Sensación de frío en primeras horas.
- Orientación Este poco aprovechada.
- Aislamiento mejorable si se buscara mayor eficiencia energética.

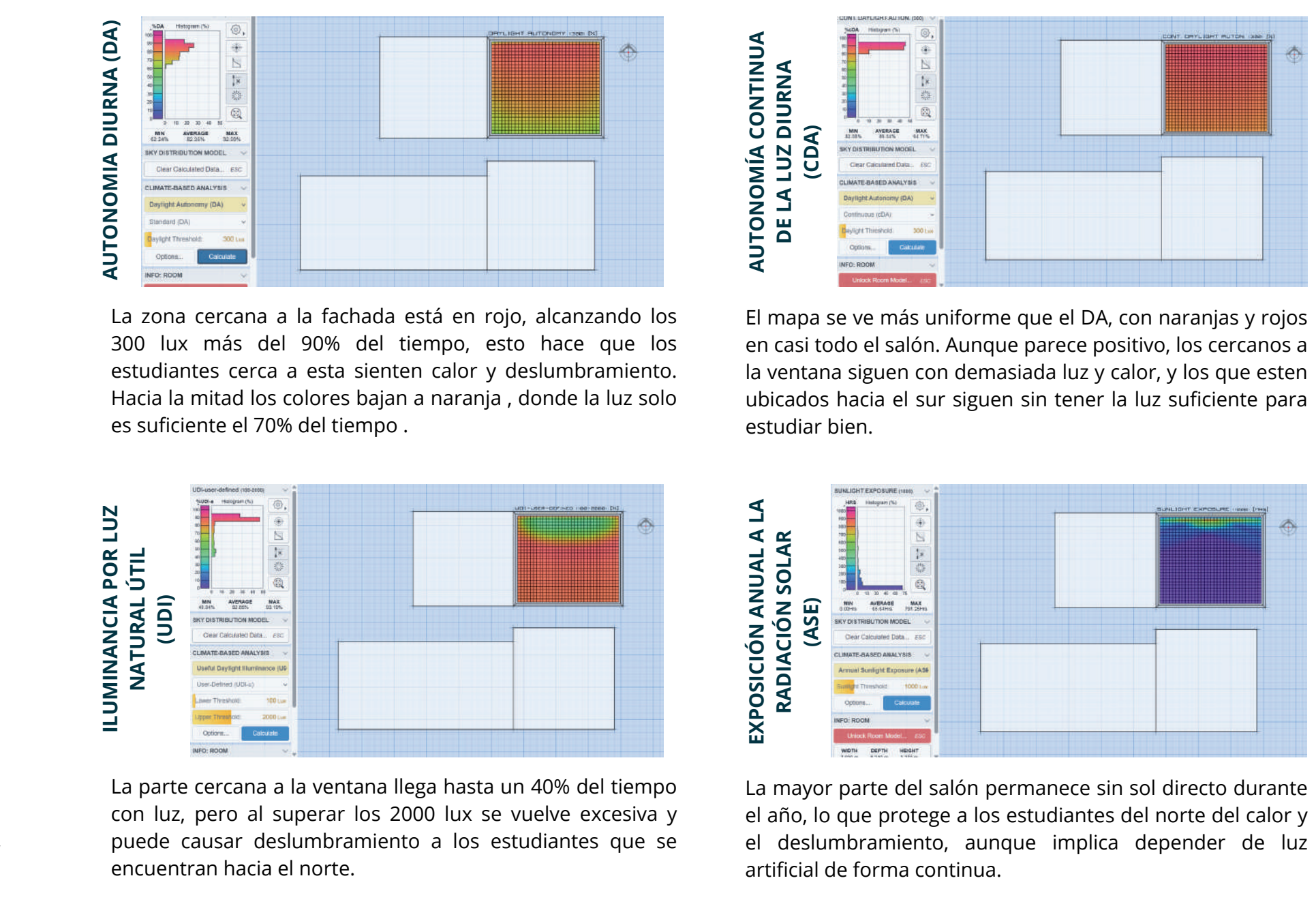
El espacio presenta un comportamiento térmico estable y mayormente confortable durante las horas analizadas. Aunque en las primeras horas puede percibirse una ligera sensación de frío, en general el aula logra mantenerse dentro de rangos cercanos al confort térmico, alcanzando condiciones neutrales durante la mayor parte de la jornada. En conclusión, el espacio demuestra un desempeño térmico pasivo adecuado, con oportunidades de mejora relacionadas principalmente con estrategias de ventilación y ajuste fino del control ambiental, más que con problemas estructurales o de orientación.

Diagnóstico Lumínico

### ANÁLISIS DE SOMBRAS



### ILUMINACIÓN



#### PROS Y CONTRAS

**PROS**

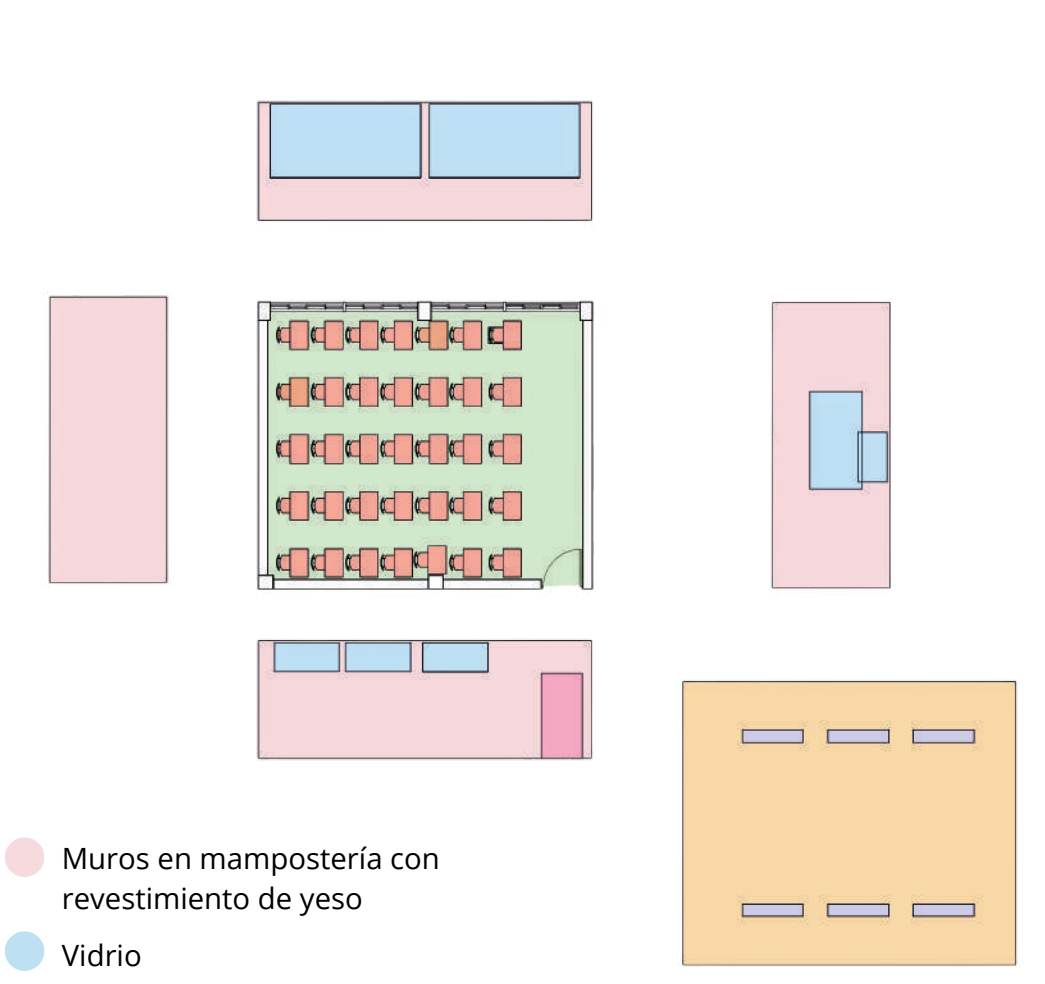
- En las mañanas de mayo y agosto, la luz natural penetra hasta la mitad del salón, reduciendo el uso de luz artificial en esas horas.
- La zona cercana a la fachada tiene luz aprovechable hasta el 40% del tiempo según el UDI, favoreciendo el ahorro energético en esa área.
- En algunas tardes, la iluminación difusa permite cierta visibilidad sin necesidad de luz artificial.

**CONTRAS**

- La franja frontal supera frecuentemente los 2000 lux y acumula cerca de 800 horas anuales de sol directo, generando deslumbramiento y sobrecalentamiento, lo que probablemente obliga a cerrar las cortinas y limitar aún más la iluminación natural.
- La zona sur del aula tiene un UDI útil de solo el 40% y un DA mínimo del 62%, obligando a esos estudiantes a depender de luz artificial casi todo el tiempo.
- El cDA elevado genera una percepción engañosa de buena iluminación, cuando en realidad el UDI muestra que es excesiva en gran parte del salón.
- No existe ningún sistema de control solar como aleros o difusores que module la diferencia entre la zona con exceso de luz y la zona con déficit.

Diagnóstico Acústico

### ANÁLISIS DE SUPERFICIES



### CÁLCULO TIEMPO DE REVERBERACIÓN (RT)

ÁREA DE LOS MATERIALES	Área
Área muro de mampostería con revestimiento de yeso	66.4 m <sup>2</sup>
Área techo	54.47 m <sup>2</sup>
Área lámparas	2.70 m <sup>2</sup>
Área vidrio	20.65 m <sup>2</sup>
Área puerta metálica	2.10 m <sup>2</sup>
Área baldosa	33.3 m <sup>2</sup>
Área pupitres	15.75 m <sup>2</sup>

$$AT = 0.05 \times 66.4 \text{ (Muros)} + 0.05 \times 54.47 \text{ (Techo)} + 0.05 \times 2.70 \text{ (Lámparas)} + 0.03 \times 20.65 \text{ (Vidrio)} + 0.05 \times 2.10 \text{ (Puerta metálica)} + 0.03 \times 33.3 \text{ (Baldosa)} + 0.05 \times 15.75 \text{ (Pupitres)}$$

$$AT = 8.6895$$

$$RT = 0.161 \times \frac{V}{AT}$$

$$RT = 0.161 \times \frac{147.67 \text{ m}^3}{8.6895}$$

$$RT = 2.74$$

**COMPARACIÓN**  
El aula está compuesta en su totalidad por superficies duras y lisas: muros de mampostería con revoque de yeso, baldosa, vidrio y puerta metálica. Estos materiales reflejan el sonido en lugar de absorberlo. Sumado al volumen considerable del espacio, el sonido rebota durante casi 3 segundos antes de extinguirse, cuando en un salón de clases debería desaparecer en menos de 0.7 segundos. Esto significa que el aula cuadruplica el tiempo recomendado, generando un ambiente donde las palabras se superponen y se dificulta entender con claridad.

**OPINIÓN PROFESIONAL**  
El aula presenta deficiencias acústicas en todos sus aspectos: reverberación excesiva, superficies que no absorben sonido y aislamiento insuficiente frente al ruido exterior. Esto genera un ambiente poco apto para el aprendizaje. Con intervenciones puntuales como un cielo raso acústico y paneles absorbentes en muros, el espacio puede alcanzar condiciones adecuadas sin modificar su estructura.

#### PROS Y CONTRAS

**PROS**

- La forma rectangular del aula evita distorsiones o ecos irregulares.
- Los materiales son resistentes y fáciles de mantener.
- El tamaño del espacio es apropiado para la cantidad de estudiantes

**CONTRAS**

- El sonido dura casi 3 segundos rebotando, cuando debería extinguirse en menos de 0.7 s.
- Todas las superficies son duras y lisas, por lo que no absorben nada de sonido.
- El ruido del exterior entra fácilmente por la puerta y las ventanas.

### CONCLUSION:

El aula presenta condiciones acústicas deficientes que afectan directamente la calidad del aprendizaje. Sin tratamiento absorbente en sus superficies ni aislamiento adecuado frente al ruido exterior, el espacio no cumple con los estándares mínimos recomendados para un salón de clases.

### FOTOGRAFÍAS DEL ESPACIO



### HABILABILIDAD Y CONFORT

LAURA RENDÓN GAVIRIA

### INTEGRANTES

SOFIA SÁNCHEZ ZAPATA  
HARLISON HURTADO CÓRDOBA  
MARIA CRISTINA YEPES RESTREPO  
MARIA CAMILA HÉRNANDEZ CASTAÑO



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA®



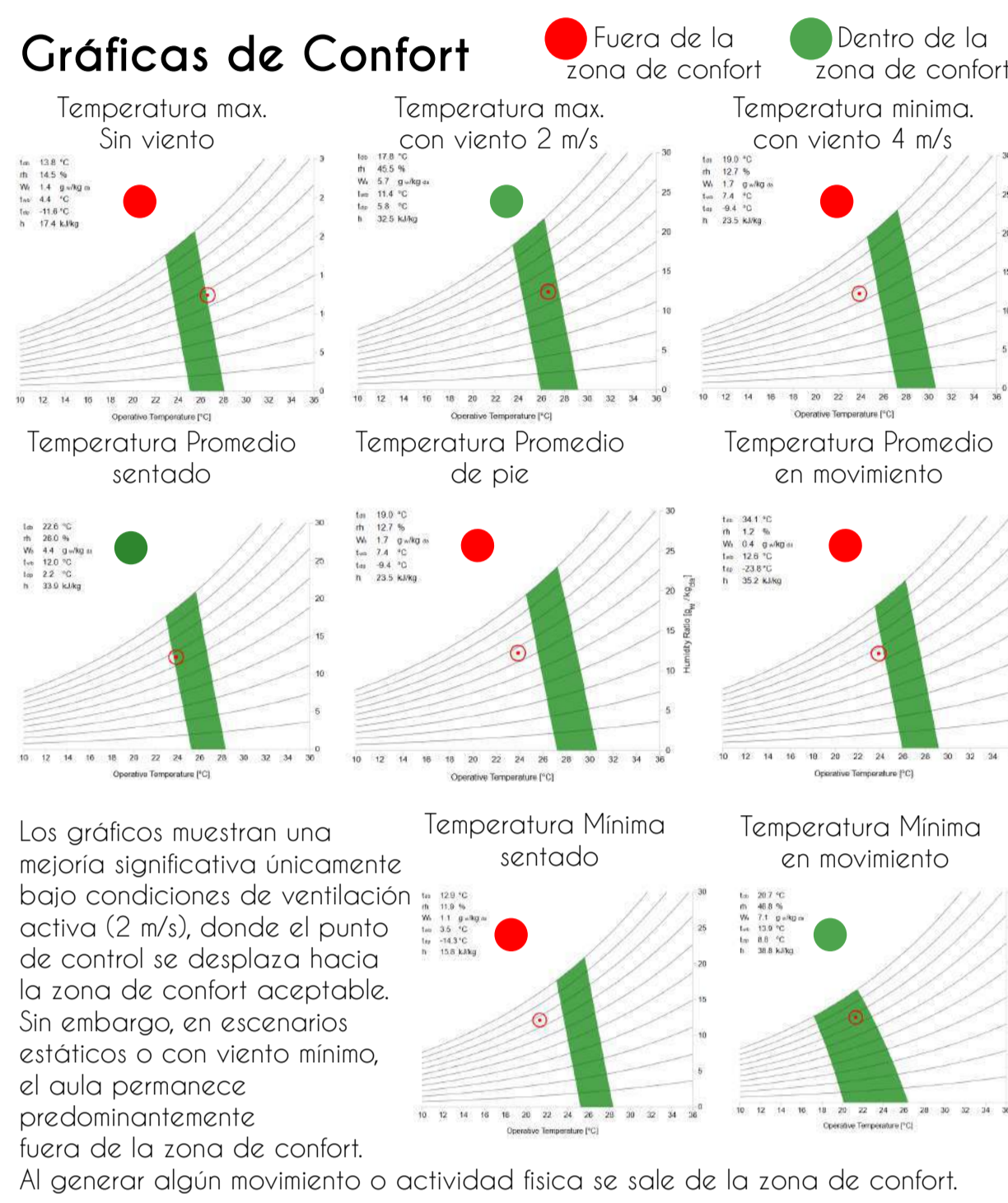
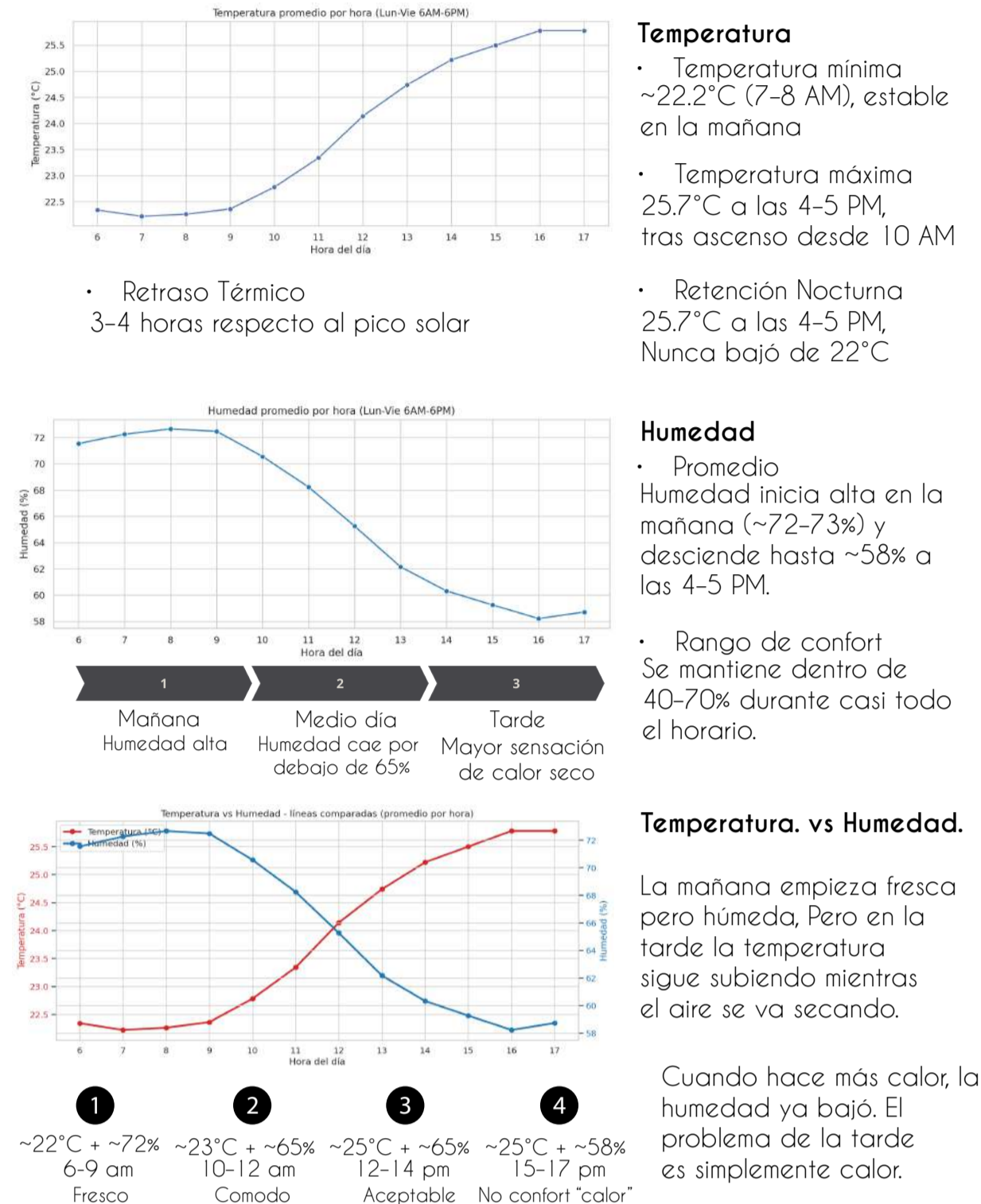
# XXVII SEMANA DE LA FACULTAD ARQUITECTURA E INGENIERÍA

## Diagnóstico térmico, lumínico y acústico de aulas escolares.

AULA DE PREESCOLAR SEM. 4 08/18/25 - 08/22/25

### DIAGNÓSTICO TÉRMICO

PROS



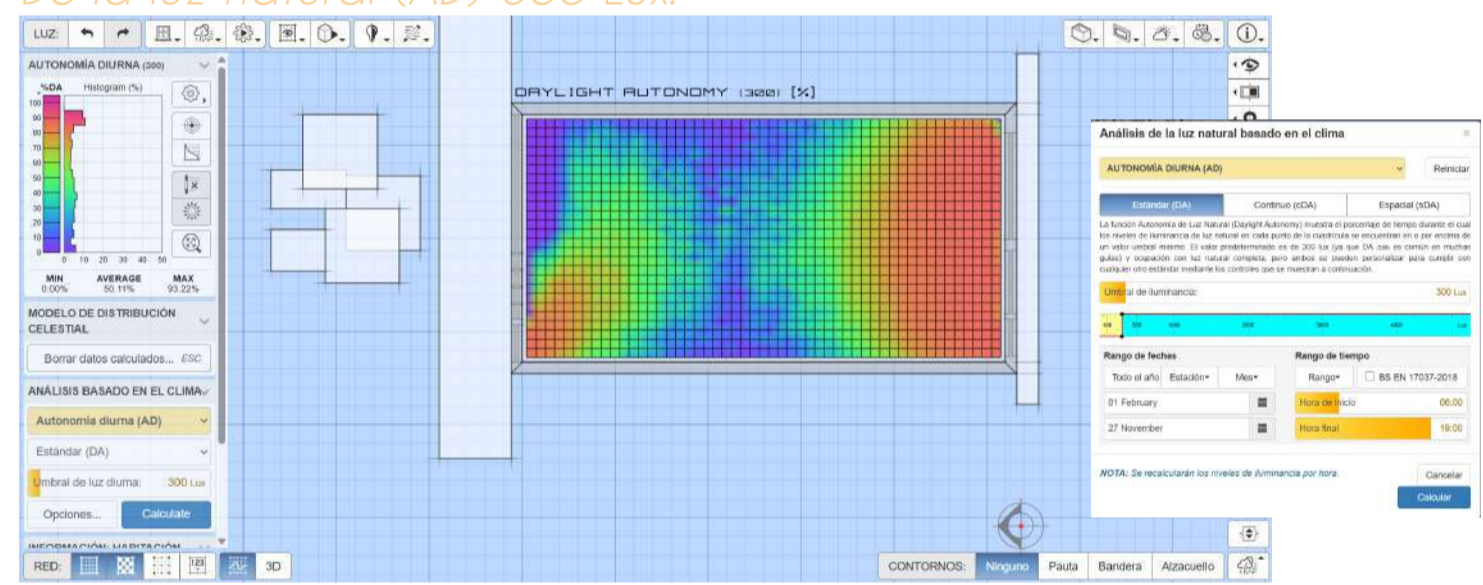
El muro de ladrillo amortigua eficazmente la variación exterior (3.5°C vs 16°C afuera)

- El retraso térmico de 4 horas protege al aula durante las horas de mayor irradiación solar
- La temperatura nunca baja de 22°C, lo cual evita disconfort por frío en horario escolar.
- Con ventilación controlada el confort mejora notablemente.

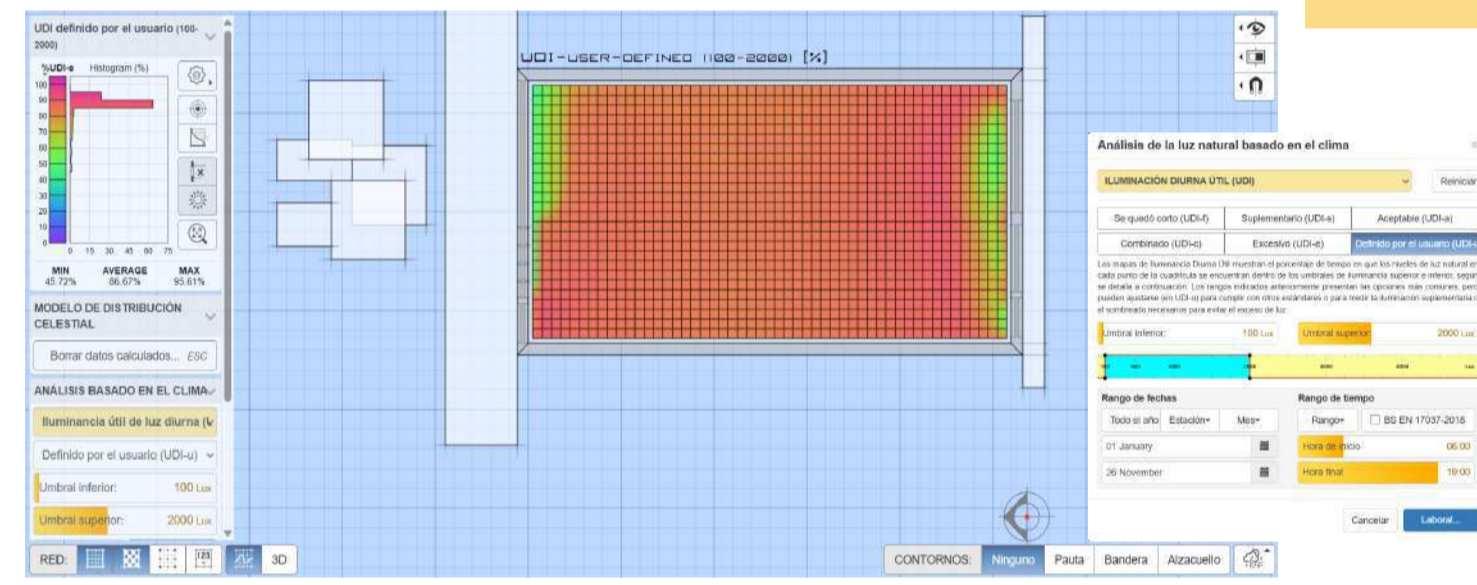
CONTRAS

- La cubierta de teja de barro tiene muy poca inercia y transmite calor casi inmediatamente
- El retraso térmico hace que el calor acumulado llegue al interior justo entre las 15:00-17:00, que es el horario de ocupación.
- En el salón infantil hay mucho movimiento y actividad física, lo cual genera que el lugar no sea confortable teniendo en cuenta los usuarios.

**Autonomía De la luz natural (AD) 300 Lux.**



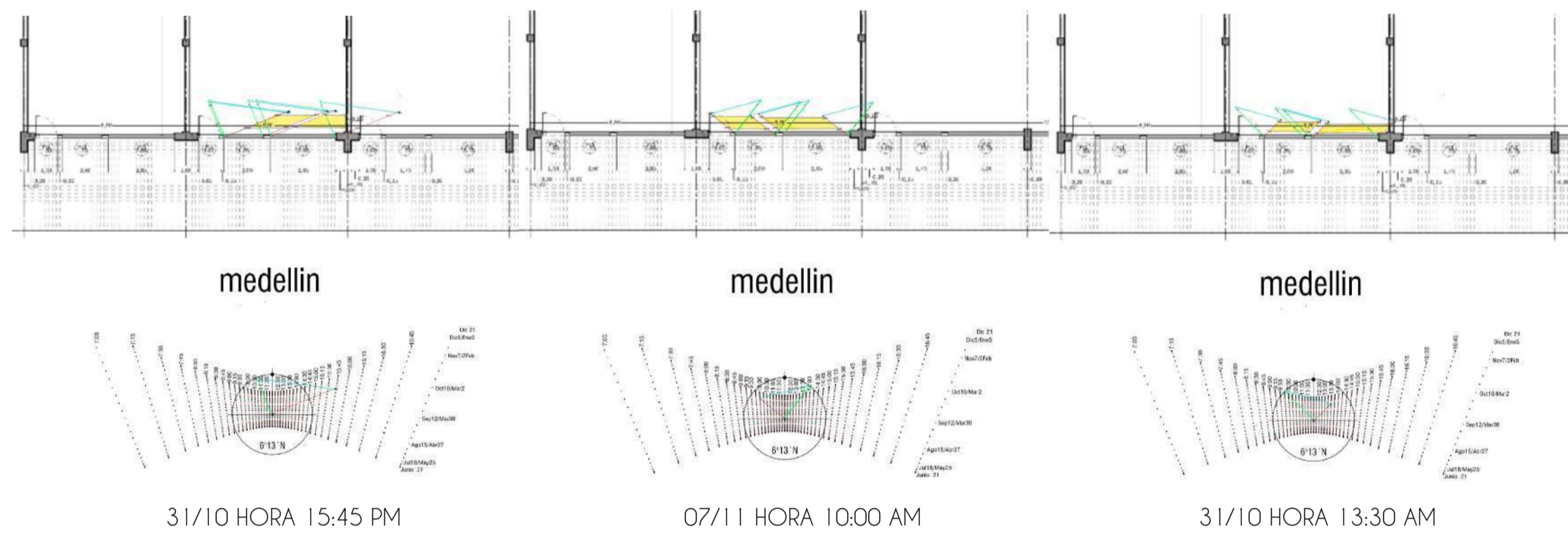
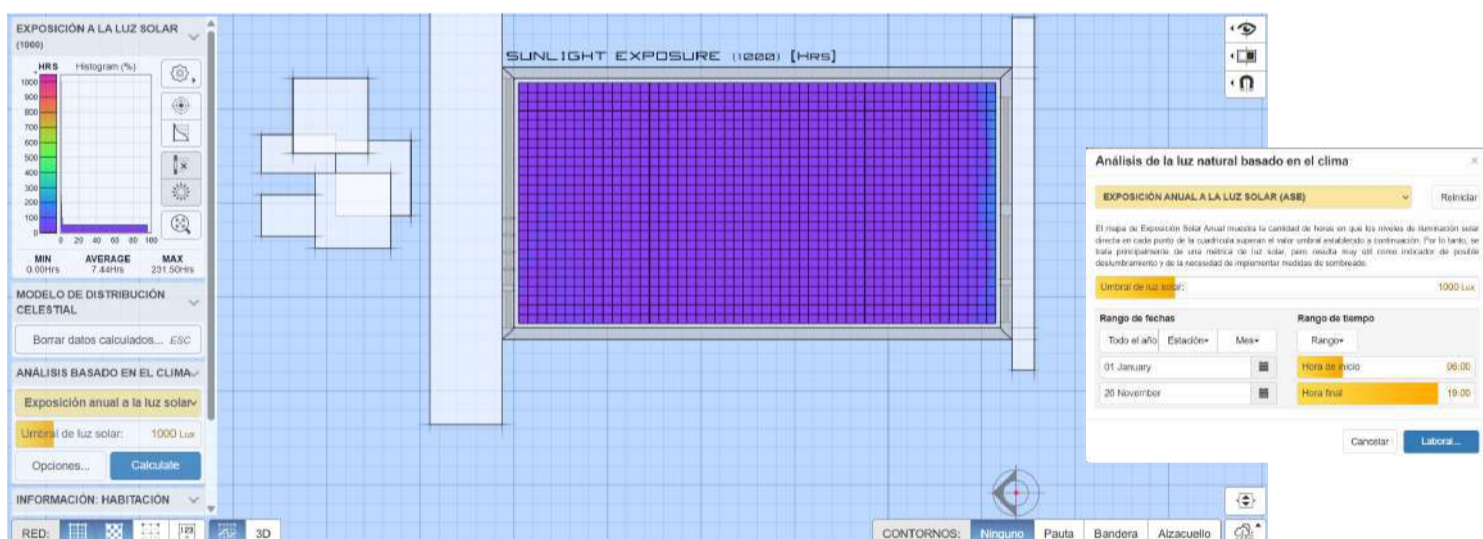
**Iluminancia Diurna útil (UDI)**



### DIAGNÓSTICO LUMÍNICO

PROS

**Exposición Anual a la radiación solar (ASE)**



El trazado de los ángulos de sombra confirma una incidencia solar directa en la zona inferior del aula durante los meses de mayor exposición. Esta entrada de sol en el plano interior coincide con los resultados del análisis de ASE.

- Con un UDI del aula garantiza que la mayor parte del tiempo los niños trabajan en rangos de luz que no cansan la vista ni producen brillos molestos.
- El valor de ASE es muy positivo, ya que indica que menos del 10% del espacio está expuesto a luz solar directa excesiva, evitando el riesgo de deslumbramiento.
- La baja incidencia de sol directo (ASE bajo) ayuda a mantener el control de la temperatura interior.
- Aunque el DA es bajo, el punto de luz que entra es de "calidad útil" (dentro del rango UDI), lo que favorece un ambiente psicológicamente más sano que uno iluminado artificial.

CONTRAS

- Una DA significa que en más del 60% del tiempo escolar se necesitará encender las luces para cumplir con los estándares técnicos mínimos de aprendizaje.
- Debido al diseño que prioriza la protección, el aula tiene poca capacidad de captación en condiciones de cielo cubierto, lo que reduce la autonomía lumínica.
- El bajo DA suele indicar que las zonas alejadas de las ventanas quedan en penumbra rápidamente, obligando a una zonificación de la iluminación artificial.
- Al no alcanzar la autonomía plena, el proyecto depende del estado óptimo de las luminarias para garantizar que las actividades pedagógicas no se vean afectadas por la falta de iluminación.

Elemento Constructivo	Cálculo
Muros Perimetrales	Norte (7.95x3.00) + Sur (7.40x3.00) + Este/Oeste (2x31.86)
Piso (Planta)	Largo (8.85) x Ancho (7.40)
Cubierta (Techo)	Área planta (65.49) / cos(17°) (Pendiente 30%)
Vanos (Ventana/Aire)	Ventana N (9.54) + Ventana S (3.70) + Puerta (1x2.10)x2 + Calado (2.70)
Vigas de Concreto	Perímetro (32.5m) x Base (0.30) + Cumbrea

Área Bruta (m²)	Restas / Deducciones (m²)	Área Neta Final (m²)
115,12	- 18,04 (Vanos)- 7,20 (Tableros)	87,78
85,17	- 13,50 (Pupitres)	71,67
71,3	0	71,3
20,14	- 2,70 (Calado)	17,44
11,96	0	11,96

MATERIAL	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN (500 Hz)	ÁREA DE SUPERFICIES m²	AT
Paredes de concreto	0.05	87.78	4.39
Piso de concreto	0.05	71.67	3.58
Paredes de ladrillo	0.05	17.44	0.87
Puertas de madera	0.10	4.39	0.44
Tableros de madera	0.10	7.20	0.72
Pupitres de madera	0.10	13.50	1.35
Calado	0.10	2.70	0.27
<b>MATERIAL</b>			<b>20,5975</b>

### DIAGNÓSTICO ACÚSTICO

PROS

El aula registra un tiempo de reverberación de 2.39 segundos, valor que supera significativamente el límite recomendado para aulas escolares (0.6-0.8s). Esto se debe al predominio de superficies rígidas como concreto, ladrillo y vidrio que reflejan el sonido en lugar de absorberlo. El resultado es una superposición de ondas sonoras que reduce la inteligibilidad de la palabra.

- El muro de concreto fragmenta las ondas sonoras, evitando ecos metálicos directos y permitiendo la salida de ruido al exterior.
- Las vigas de madera y el mobiliario aportan una absorción levemente superior a la del concreto.

CONTRAS

- El piso de granito y el vidrio tienen una absorción mínima (0.01), haciendo que el sonido rebote múltiples veces.
- Un RT de 2.39s supera el triple del estándar recomendado (0.6s), lo que causará fatiga auditiva en el profesor y los niños.
- La dureza del suelo amplifica el sonido de sillones moviéndose o pasos, elevando el ruido de fondo constante.

$$RT=0.161 \cdot 306,61 / 20,5975 = 2,39 \text{ s}$$

CALCULO:  $RT=0,161 \cdot VOL/AT$   
**VOLUMEN= 306,61 m³**  
**AT= 20,5975**



PROGRAMA: Arquitectura  
 MATERIA: Habitabilidad y confort  
 DOCENTE: Laura Rendón  
 ESTUDIANTE: Jonh S. Acevedo



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA®

