

2020



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia

Fundada en 1951



**RECOMENDACIONES DE  
DISEÑO PARA OPTIMIZAR EL  
CONFORT LUMÍNICO EN  
AULAS ACADÉMICAS CLIMA  
FRÍO.**

Stefanía Acero Cañón  
Lina María Peña Guerrero

**RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA OPTIMIZAR  
EL CONFORT LUMÍNICO EN AULAS ACADÉMICAS  
CLIMA FRÍO.**



**Universidad La Gran Colombia**

**Elaborado por:  
Stefanía Acero Cañón  
Lina María Peña Guerrero**

**RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA OPTIMIZAR  
EL CONFORT LUMÍNICO EN AULAS ACADÉMICAS  
CLIMA FRÍO.**

**Elaborado por:**

**Stefanía Acero Cañón**

**1020827121**

**Lina María Peña Guerrero**

**1014290876**

**Universidad La Gran Colombia**

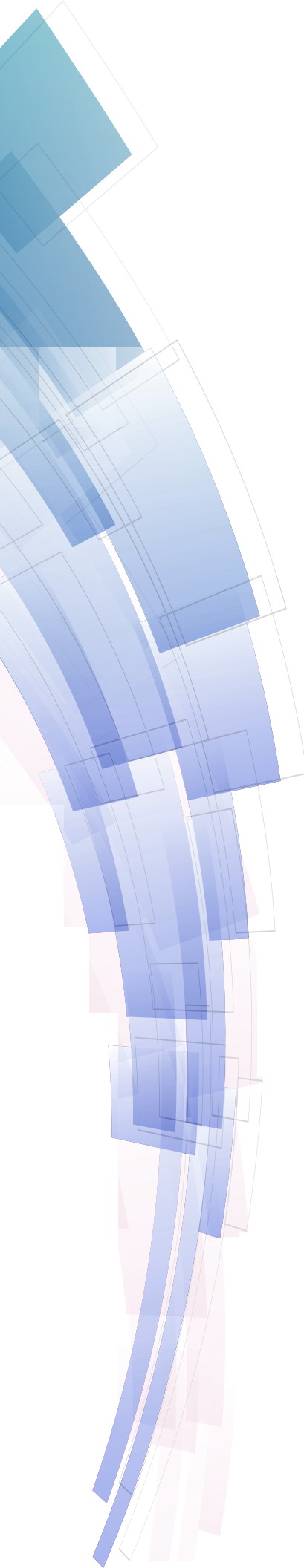
**Facultad de Arquitectura**

**Arquitectura**

**Bogotá D.C**

**2020**

# Índice

- 
- 1 Introducción
  - 2 Matriz
  - 3 Indicadores
  - 4 Metodología de análisis
  - 5 Aula Irregular
  - 6 Cuadro recomendaciones
  - 7 Simulaciones
  - 8 Resultados
  - 9 Aula Regular
  - 10 Cuadro recomendaciones
  - 11 Simulaciones
  - 12 Resultados
  - 13 Conclusiones
  - 14 Referencias

# Introducción

En este documento se presentan los resultados obtenidos en la realización de la tesis: “Recomendaciones para el diseño de iluminación natural en aulas académicas a partir de simulaciones dinámicas para la ciudad de Bogotá”. Se realizó una caracterización normativa nacional e internacional, posterior a esto se simularon 72 modelos resultantes de combinar variables y constantes arquitectónicas y condiciones climáticas. Los resultados de estas simulaciones se clasificaron y organizaron de acuerdo al desempeño de cada una de ellas, además se graficaron los resultados y se tabularon con sus especificaciones técnicas.

Este documento presentará de forma clara y útil los resultados de estas simulaciones clasificándolos para que todo arquitecto que quiera diseñar aulas académicas con confort lumínico ubicadas en clima frío, puedan seguir y guiarse con estas básicas recomendaciones de diseño arquitectónico y materialidad.

## Objeto

Servir de guía y soporte, como documento de consulta del proceso de diseño para aulas académicas ubicadas en clima:

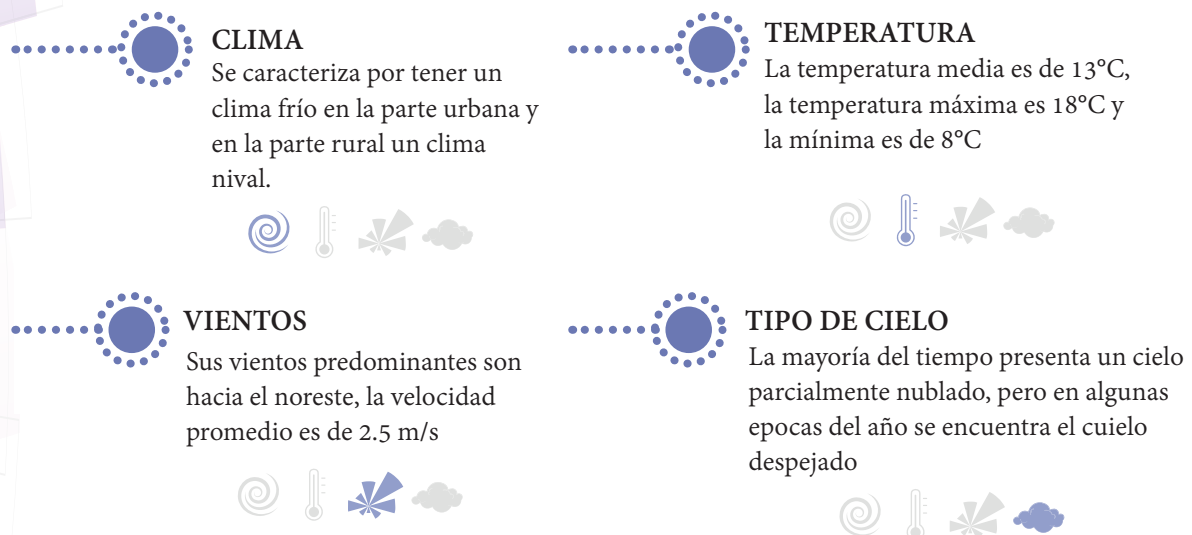


Imagen 1. Caracterización climática  
Elaboración propia

## Alcance

Estas recomendaciones de diseño para optimizar el confort lumínico en aulas académicas, sirve a todas las personas que estén interesadas en diseñar y construir de manera óptima aulas académicas en el clima anteriormente mencionado. Encontrarán parámetros arquitectónicos como; materiales, tipo de ventana, protección solar y rendimientos de cada modelo proyectado.

## 2 Matriz

Partiendo de la base teórica que se investigó para caracterizar los tipos de aula base, se tomaron en cuenta los factores de diseño y se clasificaron en dos grupos variables y constantes. Se realizó con el fin de tener resultados más precisos en las simulaciones realizadas. Las variables y constantes que se tomaron en cuenta para la caracterización fueron:

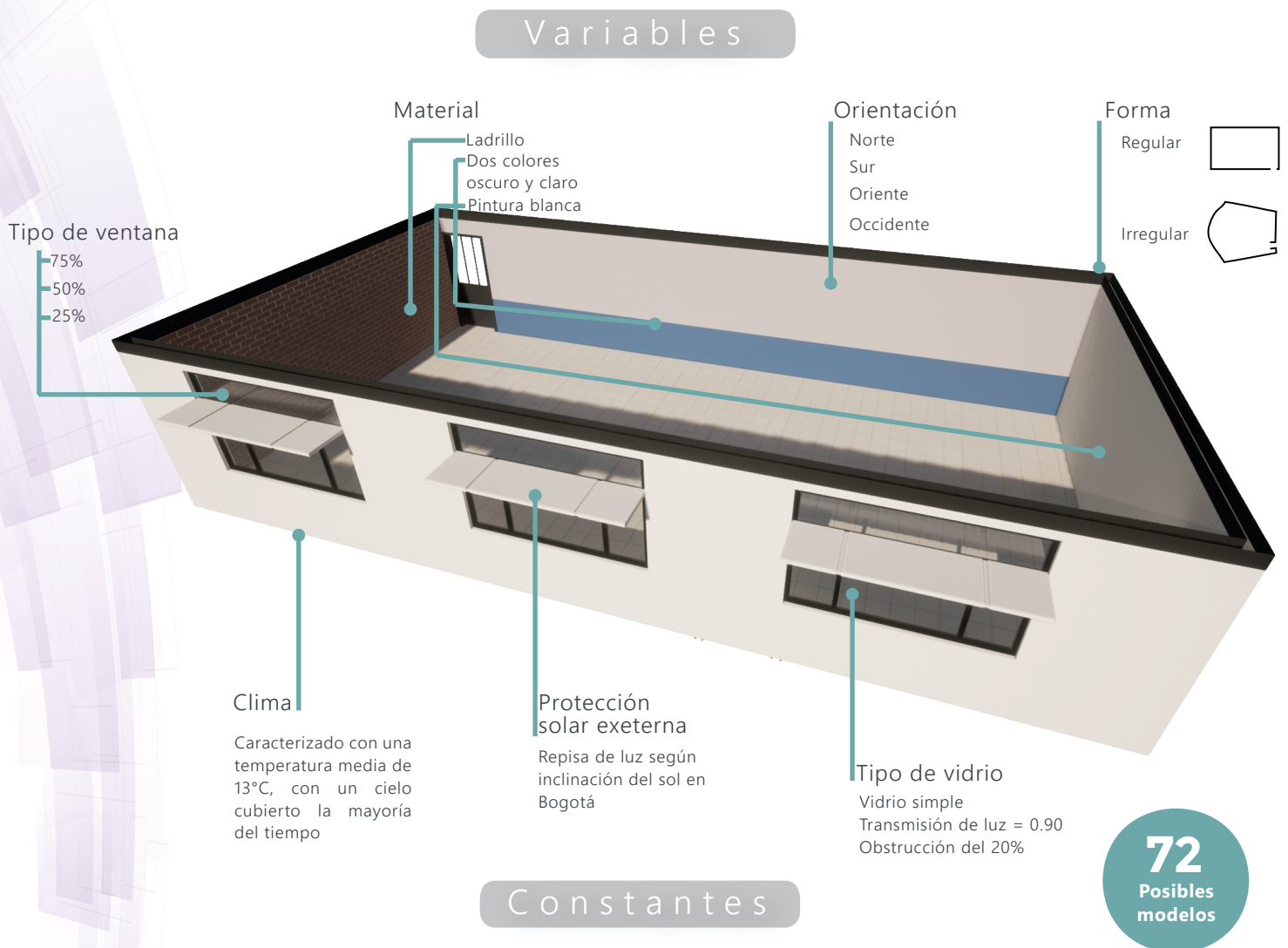


Imagen 2. Matriz de diseño.  
Elaboración propia

Al realizar todas las combinaciones salieron 72 modelos resultantes. Cada combinación se modeló en el programa Revit, allí se realizó la caracterización arquitectónica y posteriormente se desarrolló la simulación dinámica en el programa Desing Builder. En este programa se caracterizó las propiedades físicas de los materiales y el modelado de la protección solar.

### 3 Indicadores

1. DA: Por sus siglas en ingles *Daylight Autonomy* - Autonomía de luz diurna, es la fracción o porcentaje de horas diurnas anuales, considerando solo los periodos ocupados en que la iluminación es igual o superior a un valor predeterminado. Para las simulaciones realizadas se tomó como referencia 500 lux.
2. UDI: Por sus siglas en ingles *Useful Daylight illuminance* - Iluminancia útil de luz diurna, es el nivel de iluminación natural suficientemente alto para facilitar el desarrollo de las actividades normales, pero no tanto para no generar discomfort visual.
  - UDI F: Iluminancia inferior a 300 lux
  - UDI S: Iluminancia superior a 300 lux pero menor que 2000 lux
  - UDI E: Iluminancia excesiva superior a 2000 lux

Estos indicadores se evaluaron y simularon en el programa de simulaciones dinámicas Design Builder, este programa cuenta con el motor de calculo EnergyPlus, este es uno de los más avanzados en la actualidad ya que se puede evaluar con mayor precisión y detalle, diferentes aspectos que afectan el desempeño ambiental y energético de las construcciones. Al tener el modelo 3d completo se configura los parámetros de cada indicador y los parámetros de simulado. Se corre la simulación y los resultados se clasifican en diagramas de torta.

En el diagrama se identifican los resultados por un semáforo, donde verde significa un buen desempeño y el rojo un mal desempeño.

Este diagrama facilitará la lectura de los resultados de cada modelo y posteriores recomendaciones.

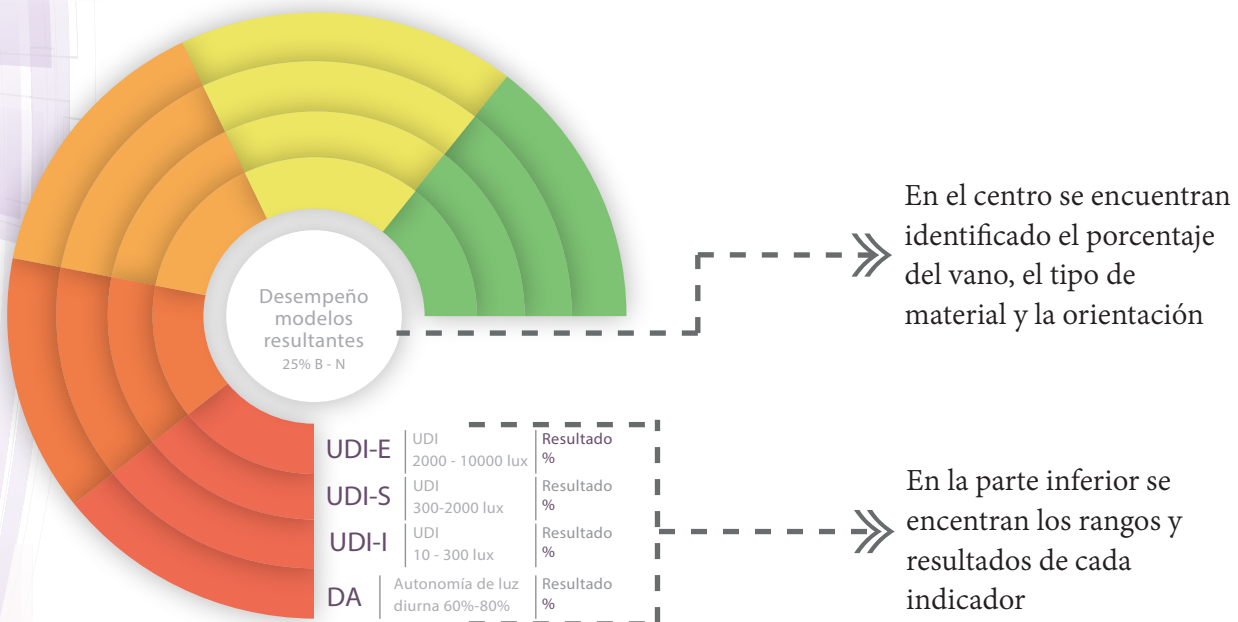
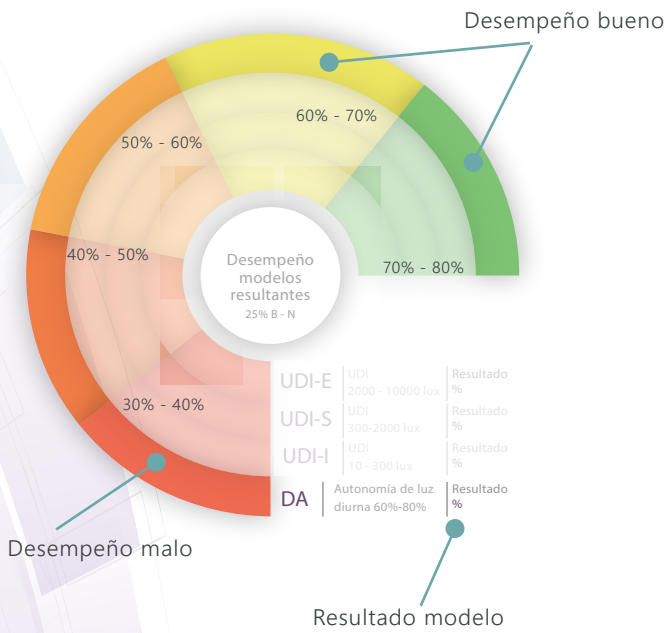


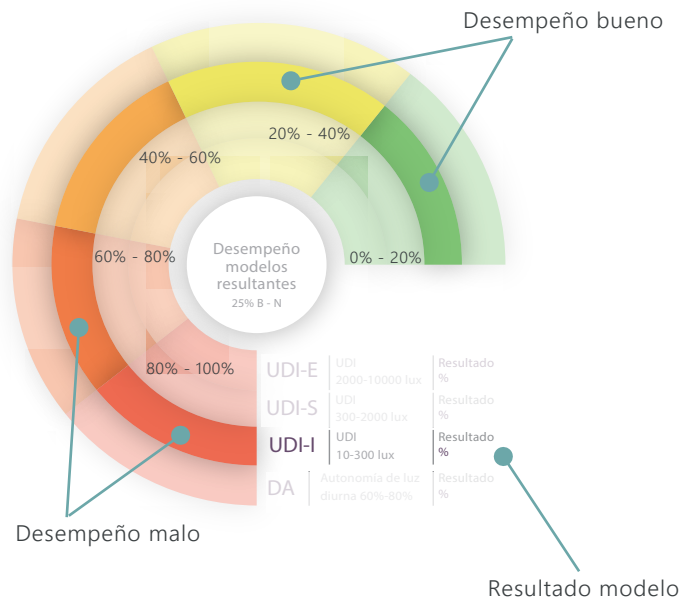
Imagen 3. Gráficas torta metodología análisis  
Elaboración propia

# 4 Metodología de análisis



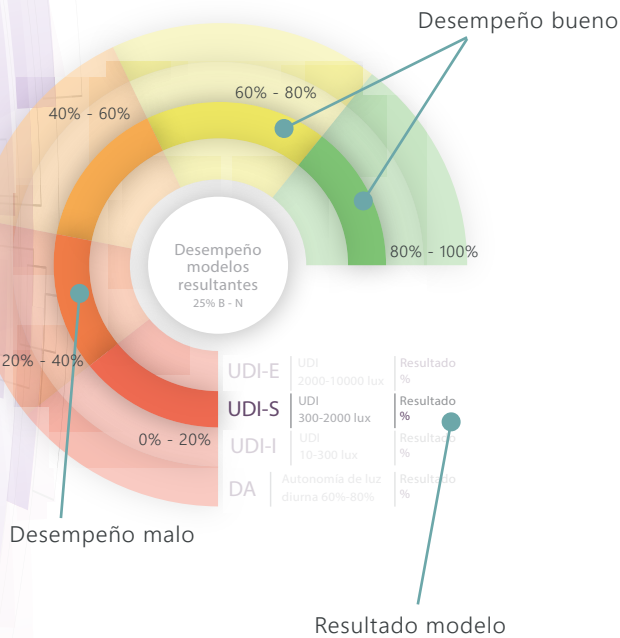
Autonomía de luz

Imagen 4. Gráfica torta DA  
Elaboración propia



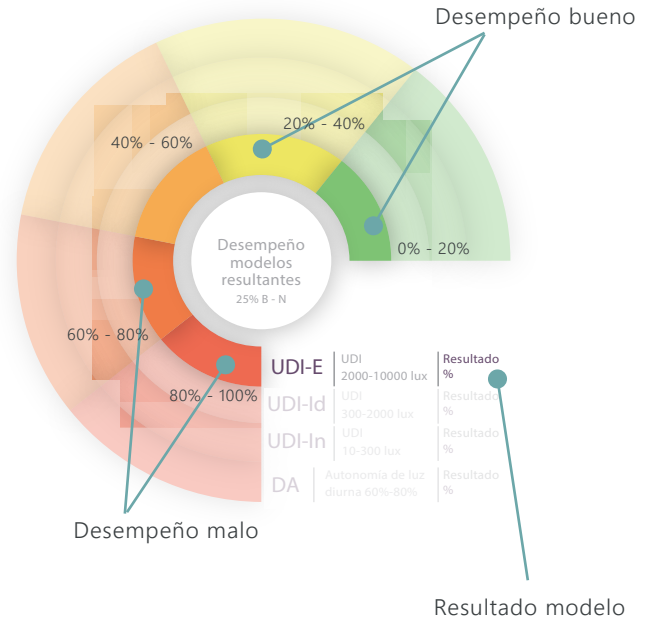
UDI-Insuficiente

Imagen 5. Gráfica torta UDI Insuficiente  
Elaboración propia



UDI-Suficiente

Imagen 6. Gráfica torta UDI Suficiente  
Elaboración propia



UDI-Excesivo

Imagen 7. Gráfica torta UDI Excesivo  
Elaboración propia

## 5

## Aula Irregular

Es un aula tomada del colegio Rochester ubicado en Chía, se caracteriza por tener una forma semi circular que da hacia el exterior de los edificios, por ende las ventanas son ubicadas en este muro, el aula tiene unas dimensiones de 11 metros de largo, en la parte más ancha y 9.1 metros en la parte mas angosta, con una altura de 3 metros, para sus características arquitectónicas base cuenta con pintura blanca, para los muros internos, cielo raso de icopor con divisiones en aluminio, piso de granito blanco, ventanas con vidrio simple, repisas de luz para protección solar, marcos de aluminio y puerta de madera.

Para comenzar con las simulaciones de los modelos resultantes de la matriz se realiza el modelo base de las aulas existentes con sus características arquitectónicas utilizando el programa Revit, en este programa se realizo paredes, techo, muros, ventanas y configuración de espacios para su posterior exportación.

En Design Builder se hizo el modelado de la repisa de luz la caracterización de los materiales y reflectancia respectiva.

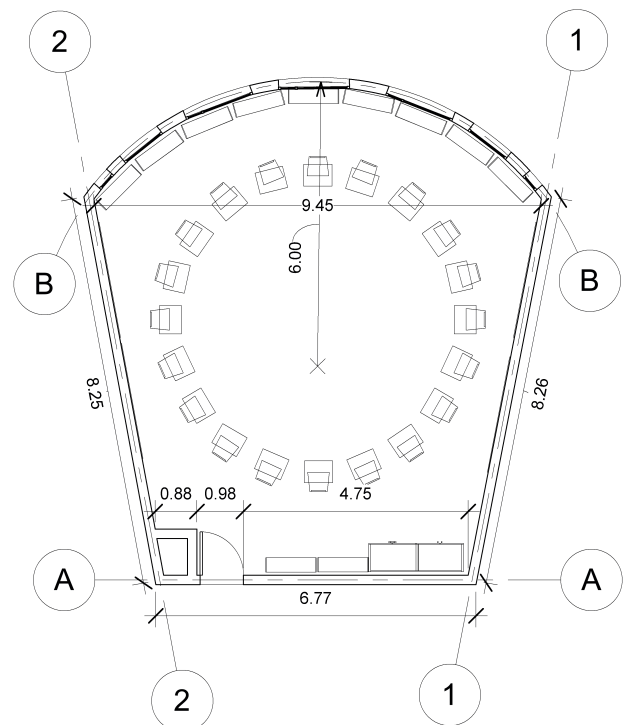


Imagen 8. Planta arquitectónica aula irregular  
Elaboración propia

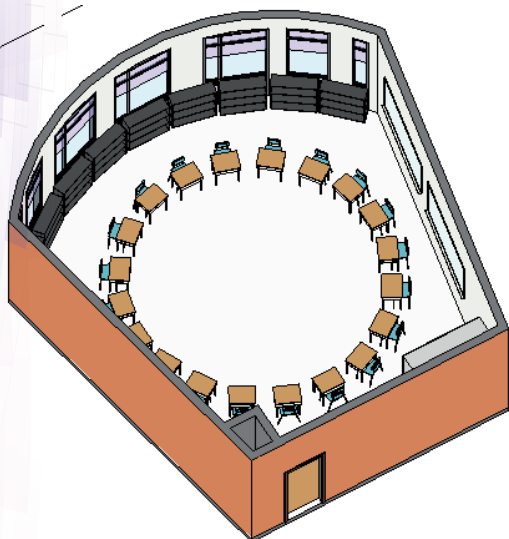


Imagen 9. Modelado 3d aula irregular programa Revit  
Elaboración propia

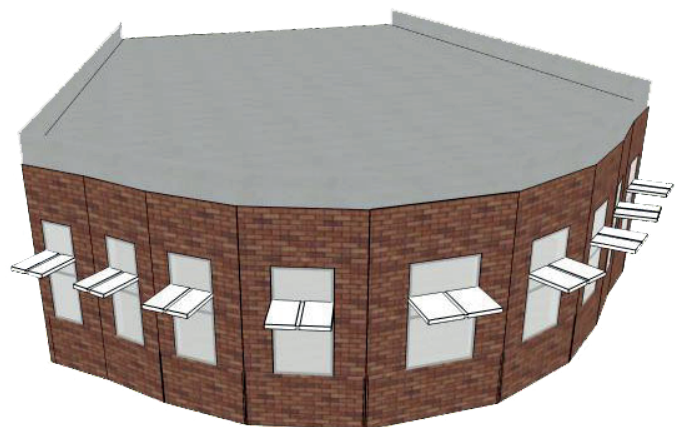


Imagen 10. Modelado 3d aula irregular Design Builder  
Elaboración propia

### Por desempeño

El aula que presenta mejor desempeño es el aula orientada hacia el norte, cuenta con; pintura blanca semi mate, la abertura de la ventana corresponde al 25% del área del muro. En términos generales el material con desempeño mas bajo fue el ladrillo ya que su reflectividad es muy baja, por este motivo no tiene una distribución uniforme de los rayos lumínicos, en tamaño de ventanas fue las de 75% porque se presentaron índices elevados de excesividad. En el momento de diseñar se pueden hacer varias combinaciones de estas variables para obtener niveles mínimos de confort lumínico. Si se busca implementar ventanas grandes como 75% o 50% respecto al área del muro, se deben implementar materiales poco reflectantes que su índice reflectivo no pase de 0,3 y deben implementarse en todas sus superficies; paredes, piso y techo. Si se quiere implementar materiales más claros deben tener un índice de reflectancia mayor que 0,5 y se debe optar por instalar ventanas con menor abertura como el 25% del área del muro (Imagen 11).

### Por orientación

En la orientación norte y sur es recomendable usar ventanas entre el 25% y 50% del área total del muro, esto en combinación con materiales de reflectancia alta o media el rango puede ir del 0,7 al 0,5, en esta orientación no es recomendable usar ventanas del 75% ya que a pesar de usar materiales poco reflectantes presenta índices elevados de excesividad.

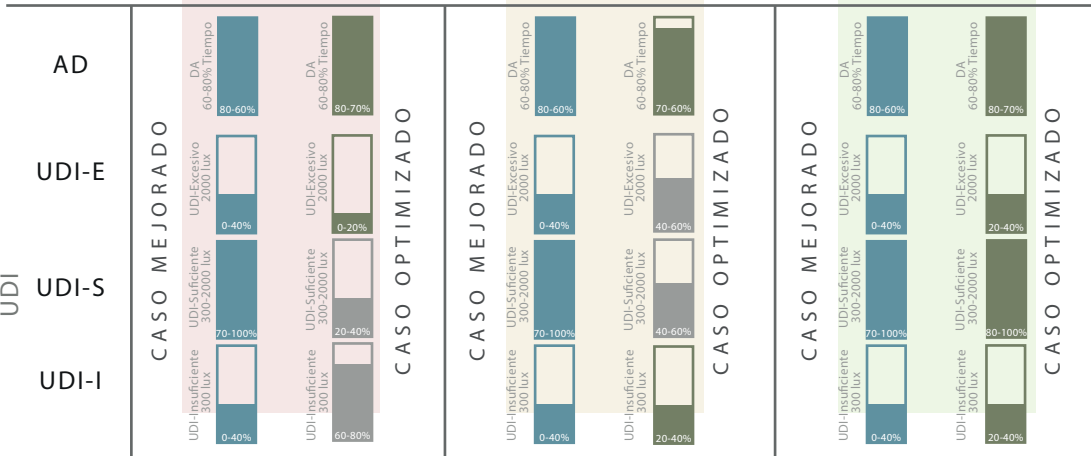
En las orientaciones este y oeste la implementación de ventanas con el 75% 50% deben ir acompañas con materiales en todas sus superficies, estos deben tener una reflectividad entre el 0,2 y 0,3 para no exceder el índice excesivo, con este tipo de abertura no se recomienda el uso de materiales altamente reflectantes ya que el deslumbramiento alcanza su límite, y por último es necesario el uso de protección solar (Imagen 12). Las imagenes resultantes de las simulaciones por cada orientaciónse encuentran en las páginas 9,10,11,12.

# Por desempeño

## Características del modelo

	Desempeño Bajo	Desempeño Medio	Desempeño Alto
Material	<b>Paredes</b> Pintura blanca semi brillante Reflectancia = 0.7  <b>Piso</b> Baldosa blanca mate Reflectancia = 0.3  <b>Techo</b> Cielo raso en PVC blanco Reflectancia= 0.7	<b>Paredes</b> Ladrillo Claro Reflectancia = 0.2  <b>Piso</b> Baldosa blanca mate Reflectancia = 0.3  <b>Techo</b> Cielo raso en PVC blanco Reflectancia= 0.7	<b>Paredes</b> Pintura blanca semi brillante Reflectancia = 0.7  <b>Piso</b> Baldosa blanca mate Reflectancia = 0.3  <b>Techo</b> Cielo raso en PVC blanco Reflectancia= 0.7
% Ventana	<b>Vano</b> 75% del área del muro  20% de obstrucción	<b>Vano</b> 50% del área del muro  20% de obstrucción	<b>Vano</b> 25% del área del muro  20% de obstrucción
Orientación			

## Indicadores



## Diagrama de resultados

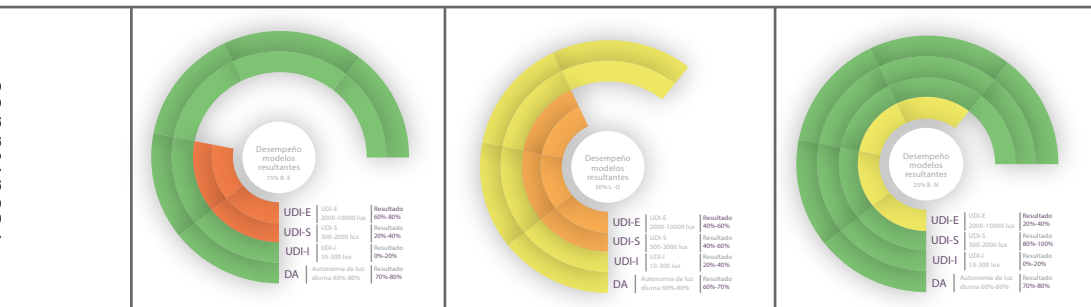
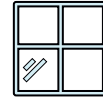


Imagen 11. Cuadro recomendaciones por desempeño  
Elaboración propia

# Por orientación



Ventana a modificar



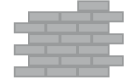
Superficies a modificar



Protección solar a implementar

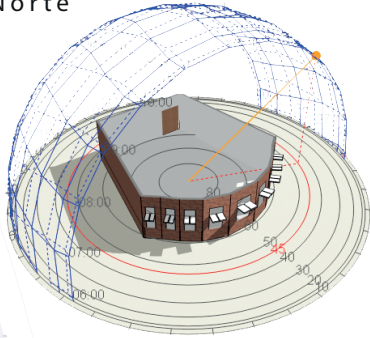


Corte fachada



Orientación

Norte



**Vano**  
Apertura 25% área total muro  
Obstrucción =20%

**Tipo de vidrio**  
Vidrio simple  
Transmisión =0.9

**Marco**  
Material aluminio  
Reflectancia = 0.8

**Paredes**  
Pintura blanca semi brillante  
Reflectancia = 0.7

**Piso**  
Baldosa blanca mate  
Reflectancia = 0.3

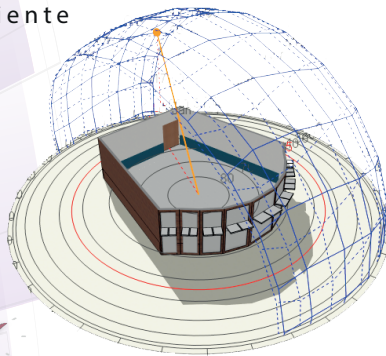
**Techo**  
Cielo raso en PVC blanco  
Reflectancia= 0.7

**Proteccion horizontal**  
Repisa de Luz  
Exterior  
Material acrilico blanco  
Reflectancia = 0.7

**Dimensiones**  
Largo: dimension vano  
Ancho: 0.60m  
Grosor: 0.05m  
Altura desde piso: 1.80m  
Inclinación :5%



Oriente



**Vano**  
Apertura 75% área total muro  
Obstrucción =20%

**Tipo de vidrio**  
Vidrio simple  
Transmisión =0.9

**Marco**  
Material aluminio  
Reflectancia = 0.8

**Paredes**  
Pintura gris clara  
Reflectancia = 0.3  
Pintura azul oscura  
Reflectancia = 0.2

**Piso**  
Baldosa blanca mate  
Reflectancia = 0.3

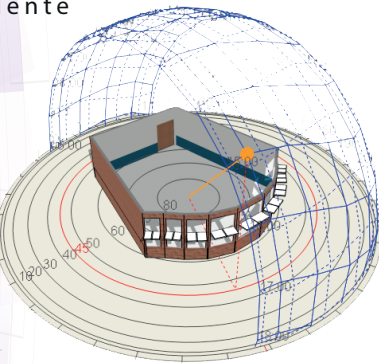
**Techo**  
Cielo raso en PVC blanco  
Reflectancia= 0.7

**Proteccion horizontal**  
Repisa de Luz  
Exterior  
Material acrilico blanco  
Reflectancia = 0.7

**Dimensiones**  
Largo: dimension vano  
Ancho: 0.60m  
Grosor: 0.05m  
Altura desde piso: 1.80m  
Inclinación :5%



Occidente



**Vano**  
Apertura 50% área total muro  
Obstrucción =20%

**Tipo de vidrio**  
Vidrio simple  
Transmisión =0.9

**Marco**  
Material aluminio  
Reflectancia = 0.8

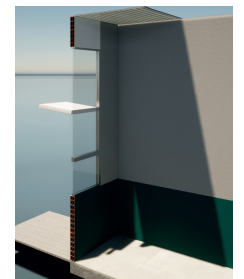
**Paredes**  
Pintura gris clara  
Reflectancia = 0.3  
Pintura azul oscura  
Reflectancia = 0.2

**Piso**  
Baldosa blanca mate  
Reflectancia = 0.3

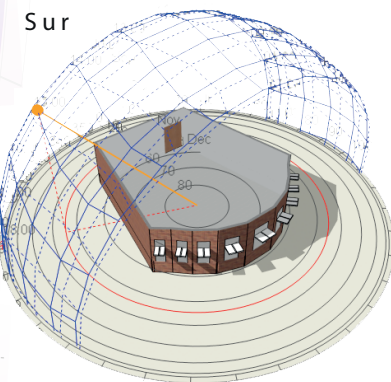
**Techo**  
Cielo raso en PVC blanco  
Reflectancia= 0.7

**Proteccion horizontal**  
Repisa de Luz  
Exterior  
Material acrilico blanco  
Reflectancia = 0.7

**Dimensiones**  
Largo: dimension vano  
Ancho: 0.60m  
Grosor: 0.05m  
Altura desde piso: 1.80m  
Inclinación :5%



Sur



**Vano**  
Apertura 25% área total muro  
Obstrucción =20%

**Tipo de vidrio**  
Vidrio simple  
Transmisión =0.9

**Marco**  
Material aluminio  
Reflectancia = 0.8

**Paredes**  
Pintura blanca semi brillante  
Reflectancia = 0.7

**Piso**  
Baldosa blanca mate  
Reflectancia = 0.3

**Techo**  
Cielo raso en PVC blanco  
Reflectancia= 0.7

**Proteccion horizontal**  
Repisa de Luz  
Exterior  
Material acrilico blanco  
Reflectancia = 0.7

**Dimensiones**  
Largo: dimension vano  
Ancho: 0.60m  
Grosor: 0.05m  
Altura desde piso: 1.80m  
Inclinación :5%



Imagen 12. Cuadro recomendaciones mejores por orientación  
Elaboración propia

## 7 Simulaciones

MEJOR POR ORIENTACIÓN:  
-Norte

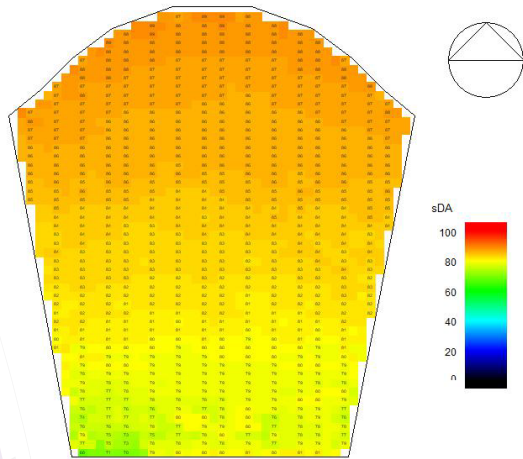


Imagen 13. Simulación Indicador DA. Programa Design Builder  
Elaboración propia

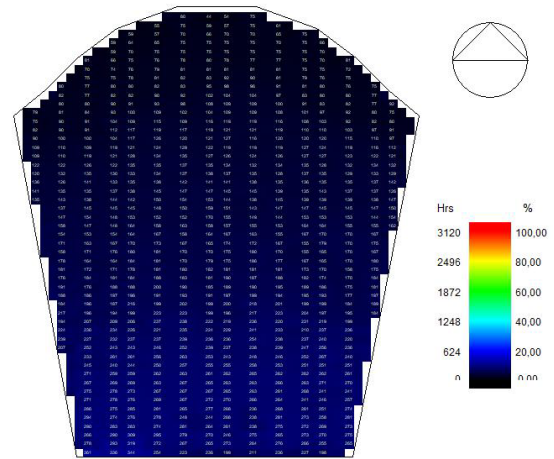


Imagen 14. Simulación Indicador UDI Insuficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

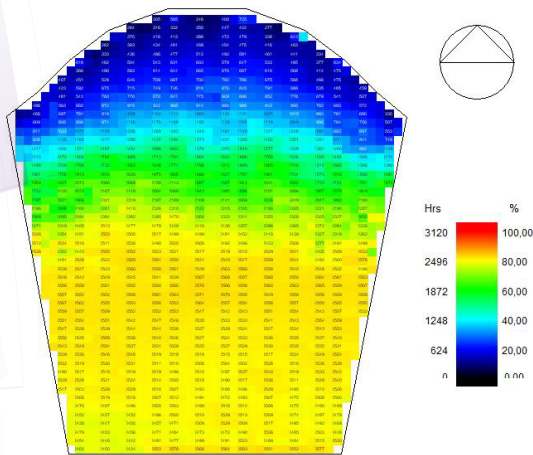


Imagen 15. Simulación UDI Suficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

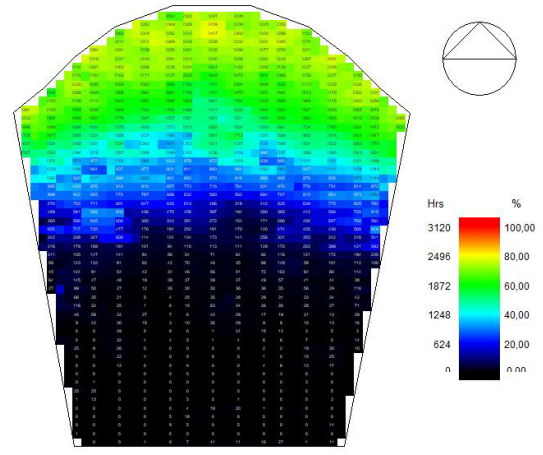


Imagen 16. Simulación Indicador UDI Excesivo. Programa Design Builder  
Elaboración propia

## 8 Resultados

El mejor desempeño presentado es el modelo con porcentaje 25% en las aberturas de las ventanas, y con paredes blancas. Con esta configuración se presenta mayor distribución de luz natural y una mejor reflectividad en todas las superficies del aula. Esto general que los indicadores UDI y DA presenten un alto desempeño en confort.

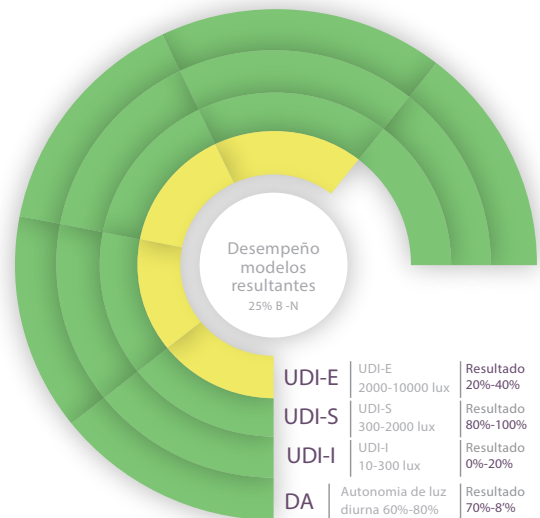


Imagen 17. Gráficas torta simulaciones. Orientación norte.  
Elaboración propia

# 7 Simulaciones

MEJOR POR ORIENTACIÓN:  
-Este

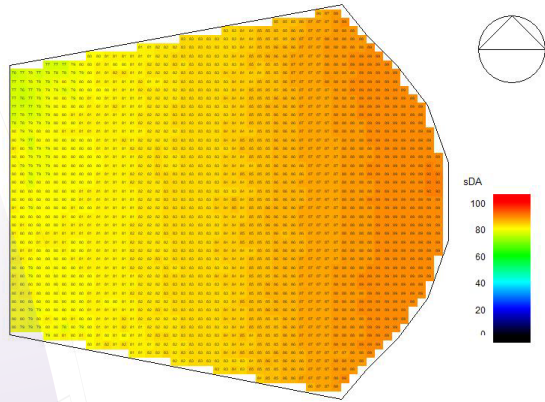


Imagen 18. Simulación Indicador DA. Programa Design Builder  
Elaboración propia

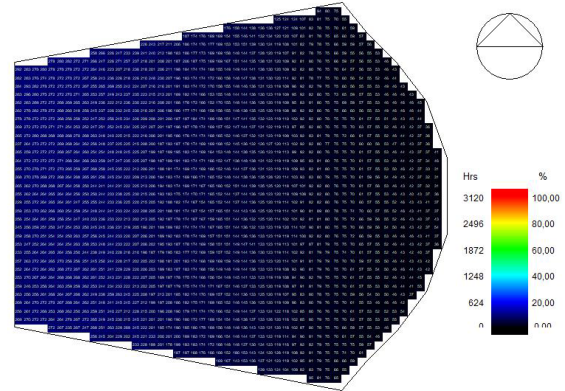


Imagen 19. Simulación Indicador UDI Insuficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

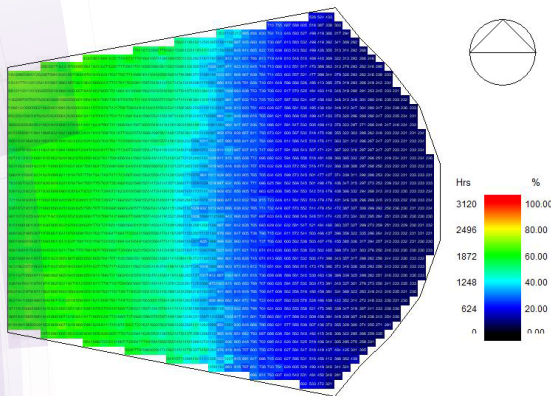


Imagen 20. Simulación Indicador UDI Suficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

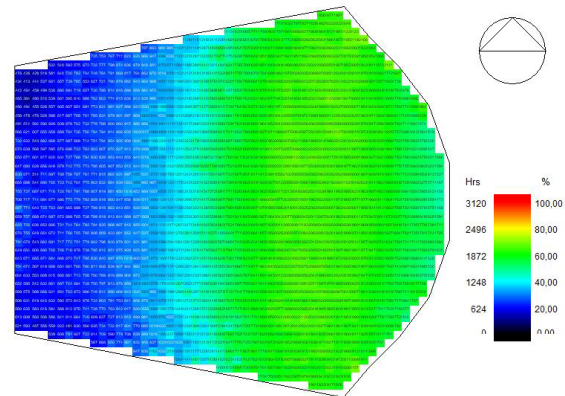


Imagen 21. Simulación Indicador UDI Excesivo. Programa Design Builder  
Elaboración propia

# 8 Resultados

El modelo con porcentaje 75% en las aberturas de las ventanas, en la materialidad son las paredes con dos tonos, con este material presenta mayor reflexión y mayor distribución de los rayos de luz, no se presenta un elevado indicador excesivo de luz. Los otros modelos presentan exsividad en UDI y el porcentaje sufuciente se encuentra en un rango muy bajo.

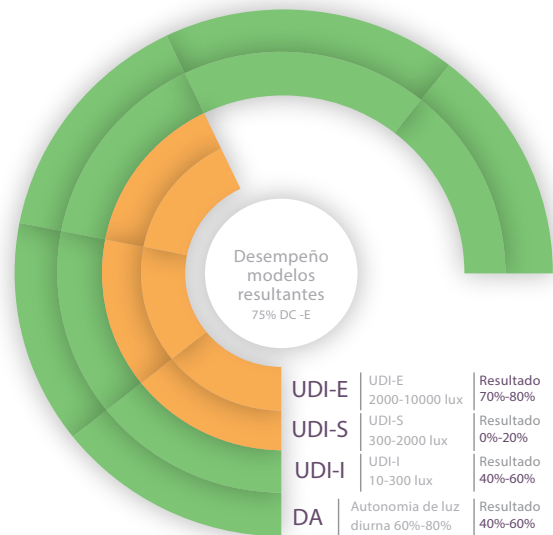


Imagen 22. Gráficas torta simulaciones. Orientación este.  
Elaboración propia

# 7 Simulaciones

MEJOR POR ORIENTACIÓN:  
-Sur

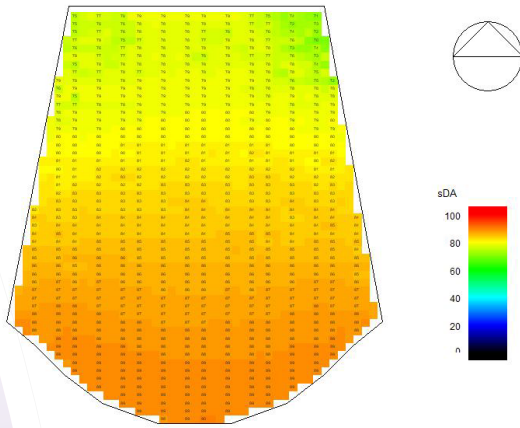


Imagen 23. Simulación Indicador DA. Programa Design Builder  
Elaboración propia

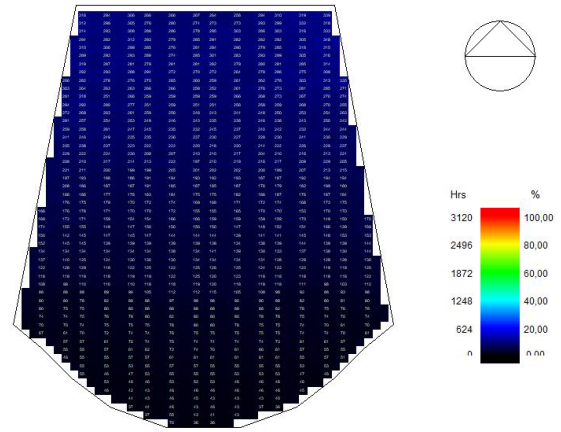


Imagen 24. Simulación Indicador UDI Insuficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

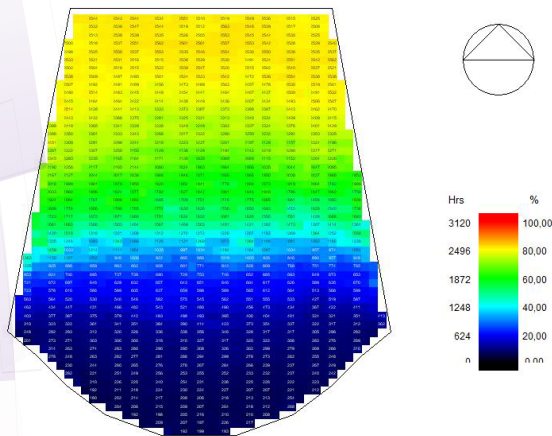


Imagen 25. Simulación Indicador UDI Suficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

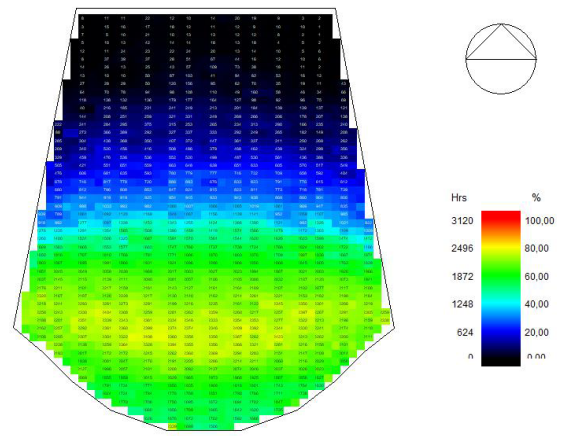


Imagen 26. Simulación Indicador UDI Excesivo. Programa Design Builder  
Elaboración propia

# 8 Resultados

El modelo con porcentaje 50% en las aberturas de las ventanas, en la materialidad son las paredes con dos tonos, con este material se baja el indicador UDI excesivo presentados por los otros materiales, ya que este material tiene índices menos reflectantes que el color blanco.

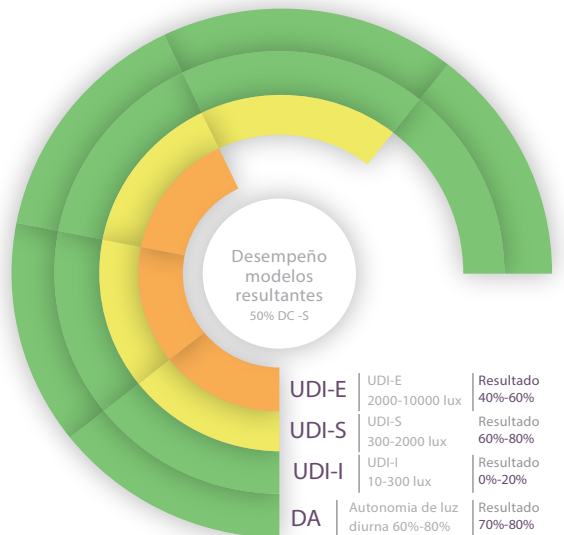


Imagen 27. Gráficas torta simulaciones. Orientación este.  
Elaboración propia

## 7 Simulaciones

MEJOR POR ORIENTACIÓN:  
-Oeste

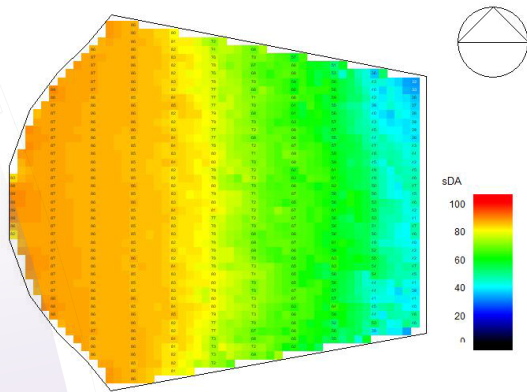


Imagen 28. Simulación Indicador DA. Programa Design Builder  
Elaboración propia

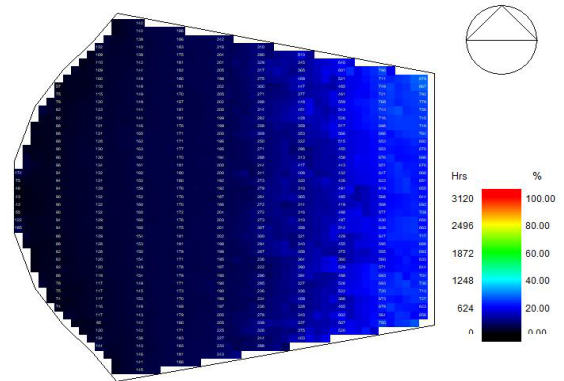


Imagen 29. Simulación Indicador UDI Insuficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

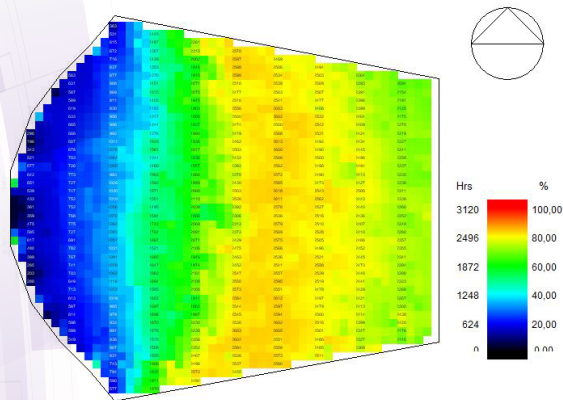


Imagen 30. Simulación Indicador UDI Suficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

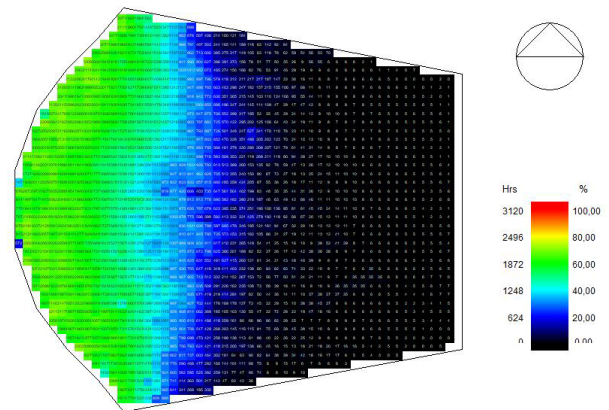


Imagen 31. Simulación Indicador UDI Excesivo. Programa Design Builder  
Elaboración propia

## 8 Resultados

El modelo con porcentaje 25% en las aberturas de las ventanas, con materialidad el mejor desempeño se presenta con las paredes blancas, con este material presenta mayor reflexión y hay una mayor distribución en los rayos de luz. Con este porcentaje de abertura no se presenta excesividad en UDI.

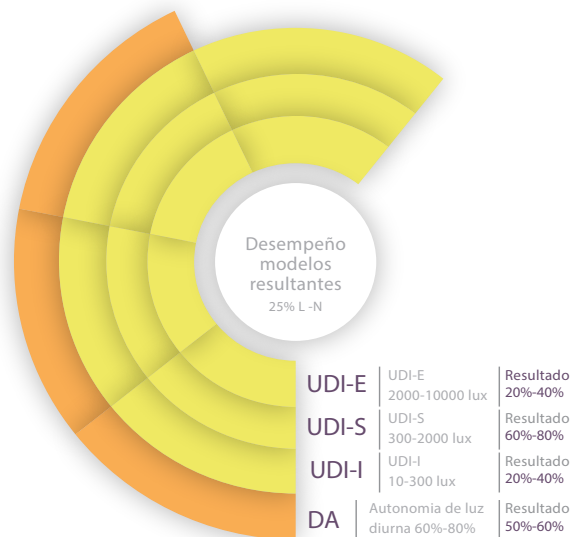


Imagen 32 . Gráficas torta simulaciones. Orientación este.  
Elaboración propia



### Por desempeño

Las que tengan materiales poco reflectivos como el ladrillo o materiales oscuros no tienen un buen desempeño en iluminación natural cuando la abertura de la ventana es 75% o 50%, en cuestión del porcentaje de los vanos desde el 50% se obtienen buenos resultados con los tres materiales implementados en las paredes, en la ciudad de Bogotá y en altitudes similares se obtiene un mejor resultado con las orientaciones norte y sur, con los tres tipos de recubrimiento en muros, ya que así no se generan índices excesivos de iluminación y los deslumbramientos se mantienen dentro de los rangos permitidos. (Imagen 36).

### Por orientación

Para estas aulas en la orientación este u oeste si se cuenta con una iluminación limitada, lo más viable es optar por vanos del 25 % del área respecto al muro y combinarlo con materiales claros que generen una mayor reflexión de luz natural, esta combinación no genera deslumbramientos ni molestias en la visión. Para las orientaciones norte y sur es mejor optar por materiales blancos combinados con aberturas del 50%, esto genera un mejor desempeño en la iluminación natural (Imagen 37). Las imágenes resultantes de las simulaciones por cada orientación se encuentran en las páginas 917,18,19,20.

# Por desempeño

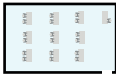










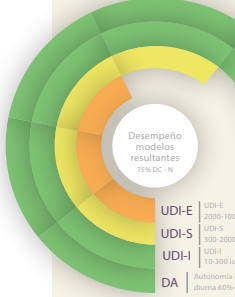
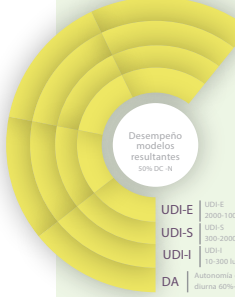
	Desempeño Bajo	Desempeño Medio	Desempeño Alto	
Características del modelo	 <b>Paredes</b> Ladrillo Reflectancia = 0.2  <b>Piso</b> Baldosa blanca mate Reflectancia = 0.3  <b>Techo</b> Cielo raso en PVC blanco Reflectancia = 0.7	 <b>Paredes</b> Dos colores Pintura clara Reflectancia = 0.3 Pintura oscura Reflectancia = 0.2  <b>Piso</b> Baldosa blanca mate Reflectancia = 0.3  <b>Techo</b> Cielo raso en PVC blanco Reflectancia = 0.7	 <b>Paredes</b> Pintura blanca semi brillante Reflectancia = 0.7  <b>Piso</b> Baldosa blanca mate Reflectancia = 0.3  <b>Techo</b> Cielo raso en PVC blanco Reflectancia = 0.7	
	 <b>Vano</b> 25% del área del muro 20% de obstrucción	 <b>Vano</b> 75% del área del muro 20% de obstrucción	 <b>Vano</b> 50% del área del muro 20% de obstrucción	
	 Orientación			
Indicadores	<b>AD</b> CASO MEJORADO DA 60-80% Tiempo 80-60% UDI-Excesivo 2000 lux 0-40% UDI-Suficiente 300-2000 lux 70-100% UDI-Insuficiente 300 lux 0-40% UDI-Excesivo 2000 lux 0-20% UDI-Suficiente 300-2000 lux 40-60% UDI-Insuficiente 300 lux 40-60%	<b>AD</b> CASO OPTIMIZADO DA 60-80% Tiempo 80-60% UDI-Excesivo 2000 lux 0-40% UDI-Suficiente 300-2000 lux 70-100% UDI-Insuficiente 300 lux 0-40% UDI-Excesivo 2000 lux 40-60% UDI-Suficiente 300-2000 lux 60-80% UDI-Insuficiente 300 lux 0-20%	<b>AD</b> CASO MEJORADO DA 60-80% Tiempo 80-60% UDI-Excesivo 2000 lux 0-40% UDI-Suficiente 300-2000 lux 70-100% UDI-Insuficiente 300 lux 0-40% UDI-Excesivo 2000 lux 20-40% UDI-Suficiente 300-2000 lux 60-80% UDI-Insuficiente 300 lux 20-40%	<b>AD</b> CASO OPTIMIZADO DA 60-80% Tiempo 70-60% UDI-Excesivo 2000 lux 0-40% UDI-Suficiente 300-2000 lux 20-40% UDI-Insuficiente 300 lux 20-40%
	Cumples: ■ Cumples ■ No cumple			
	<b>UDI-E</b> CASO MEJORADO UDI-Excesivo 2000 lux 0-40% UDI-Suficiente 300-2000 lux 70-100% UDI-Insuficiente 300 lux 0-40%			
	<b>UDI-S</b> CASO MEJORADO UDI-Suficiente 300-2000 lux 70-100% UDI-Insuficiente 300 lux 0-40%			
Diagrama de resultados				
	Desempeño modelos resultantes 25% L - N UDI-E UDI-E 2000-10000 lux Resultado 0% - 20% UDI-S UDI-S 300-2000 lux Resultado 40% - 60% UDI-I UDI-I 10-300 lux Resultado 40% - 60% DA Autonomía de luz diurna 60%-80% Resultado 40% - 50%	Desempeño modelos resultantes 70% DC - N UDI-E UDI-E 2000-10000 lux Resultado 40% - 60% UDI-S UDI-S 300-2000 lux Resultado 60% - 80% UDI-I UDI-I 10-300 lux Resultado 0% - 20% DA Autonomía de luz diurna 60%-80% Resultado 70% - 80%	Desempeño modelos resultantes 50% DC - N UDI-E UDI-E 2000-10000 lux Resultado 20% - 40% UDI-S UDI-S 300-2000 lux Resultado 60% - 80% UDI-I UDI-I 10-300 lux Resultado 0% - 20% DA Autonomía de luz diurna 60%-80% Resultado 60% - 70%	

Imagen 36 . Cuadro recomendaciones por desempeño  
Elaboración propia

# Por orientación

	Desempeño	Ventana a modificar	Superficies a modificar	Protección solar a implementar	Corte fachada
<p><b>Orientación</b></p> <p>Norte</p>	<p><b>CASO MEJORADO</b></p> <p><b>CASO OPTIMIZADO</b></p>	<p>Vano</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>50% del área del muro</li> <li>20% de obstrucción</li> </ul> <p>Tipo de vidrio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vidrio simple</li> <li>Transmisión = 0.9</li> </ul> <p>Marco</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Material aluminio</li> <li>Reflectancia = 0.8</li> </ul>	<p>Paredes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pintura blanca semi brillante</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> </ul> <p>Piso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Baldosa blanca mate</li> <li>Reflectancia = 0.3</li> </ul> <p>Techo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cielo raso en PVC blanco</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> </ul>	<p>Protección horizontal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Repisa de Luz</li> <li>Exterior</li> <li>Material acrílico blanco</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> <li>Dimensiones</li> <li>Largo: dimensión vano</li> <li>Ancho: 0.60m</li> <li>Grosor: 0.05m</li> <li>altura desde piso: 1.80m</li> </ul>	
<p>Oriente</p>	<p><b>CASO MEJORADO</b></p> <p><b>CASO OPTIMIZADO</b></p>	<p>Vano</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>25% del área del muro</li> <li>20% de obstrucción</li> </ul> <p>Tipo de vidrio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vidrio simple</li> <li>Transmisión = 0.9</li> </ul> <p>Marco</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Material aluminio</li> <li>Reflectancia = 0.8</li> </ul>	<p>Paredes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dos colores</li> <li>Pintura clara</li> <li>Reflectancia = 0.3</li> <li>Pintura oscura</li> <li>Reflectancia = 0.2</li> </ul> <p>Piso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Baldosa blanca mate</li> <li>Reflectancia = 0.3</li> </ul> <p>Techo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cielo raso en PVC blanco</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> </ul>	<p>Protección horizontal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Repisa de Luz</li> <li>Exterior</li> <li>Material acrílico blanco</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> <li>Dimensiones</li> <li>Largo: dimensión vano</li> <li>Ancho: 0.60m</li> <li>Grosor: 0.05m</li> <li>altura desde piso: 1.80m</li> </ul>	
<p>Occidente</p>	<p><b>CASO MEJORADO</b></p> <p><b>CASO OPTIMIZADO</b></p>	<p>Vano</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>25% del área del muro</li> <li>20% de obstrucción</li> </ul> <p>Tipo de vidrio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vidrio simple</li> <li>Transmisión = 0.9</li> </ul> <p>Marco</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Material aluminio</li> <li>Reflectancia = 0.8</li> </ul>	<p>Paredes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dos colores</li> <li>Pintura clara</li> <li>Reflectancia = 0.3</li> <li>Pintura oscura</li> <li>Reflectancia = 0.2</li> </ul> <p>Piso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Baldosa blanca mate</li> <li>Reflectancia = 0.3</li> </ul> <p>Techo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cielo raso en PVC blanco</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> </ul>	<p>Protección horizontal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Repisa de Luz</li> <li>Exterior</li> <li>Material acrílico blanco</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> <li>Dimensiones</li> <li>Largo: dimensión vano</li> <li>Ancho: 0.60m</li> <li>Grosor: 0.05m</li> <li>altura desde piso: 1.80m</li> </ul>	
<p>Sur</p>	<p><b>CASO MEJORADO</b></p> <p><b>CASO OPTIMIZADO</b></p>	<p>Vano</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>50% del área del muro</li> <li>20% de obstrucción</li> </ul> <p>Tipo de vidrio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vidrio simple</li> <li>Transmisión = 0.9</li> </ul> <p>Marco</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Material aluminio</li> <li>Reflectancia = 0.8</li> </ul>	<p>Paredes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pintura blanca semi brillante</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> </ul> <p>Piso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Baldosa blanca mate</li> <li>Reflectancia = 0.3</li> </ul> <p>Techo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cielo raso en PVC blanco</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> </ul>	<p>Protección horizontal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Repisa de Luz</li> <li>Exterior</li> <li>Material acrílico blanco</li> <li>Reflectancia = 0.7</li> <li>Dimensiones</li> <li>Largo: dimensión vano</li> <li>Ancho: 0.60m</li> <li>Grosor: 0.05m</li> <li>altura desde piso: 1.80m</li> </ul>	

Imagen 37. Cuadro recomendaciones mejores por orientación  
Elaboración propia

# 11 Simulaciones

MEJOR POR ORIENTACIÓN:  
-Norte

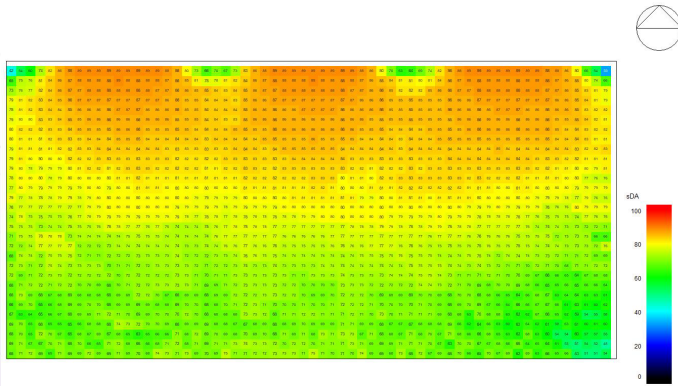


Imagen 38. Simulación Indicador DA. Programa Design Builder  
Elaboración propia

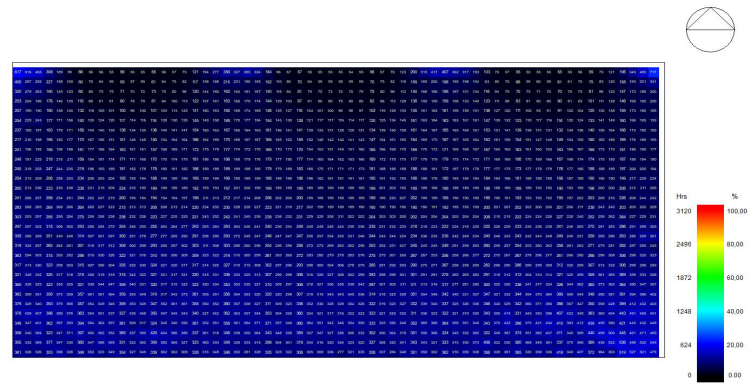


Imagen 39. Simulación Indicador UDI Insuficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

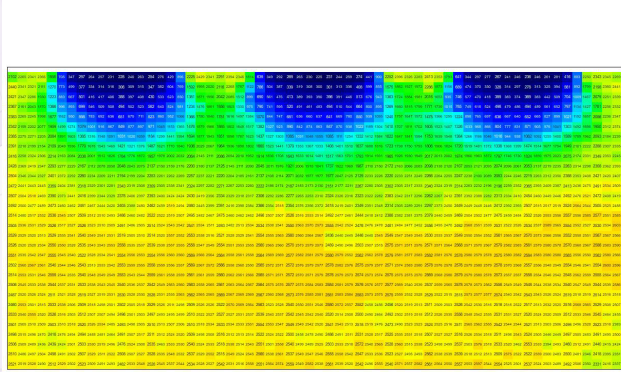


Imagen 40. Simulación UDI Suficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

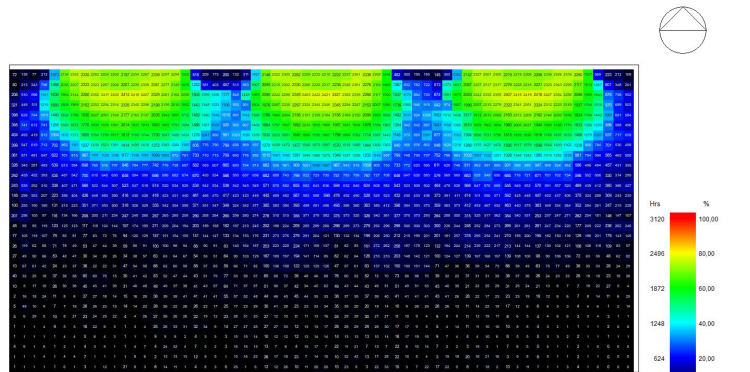


Imagen 41. Simulación Indicador UDI Excesivo. Programa Design Builder  
Elaboración propia

# 12 Resultados

El mejor desempeño presentado es en el modelo con porcentaje 50% en las aberturas de las ventanas, y con paredes blancas. Con esta configuración se presenta mayor distribución de luz natural y una mejor reflectividad en todas las superficies del aula. Esto general que los indicadores UDI y DA presenten un alto desempeño en confort.

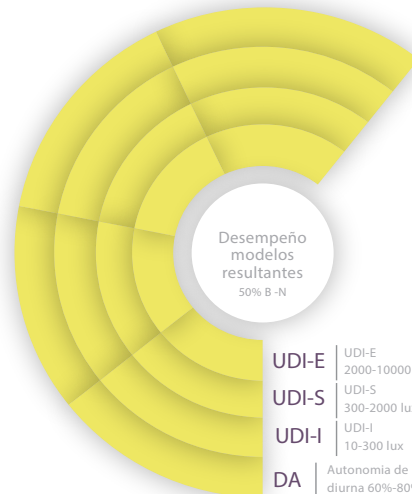


Imagen 42 . Gráficas torta simulaciones. Orientación norte.  
Elaboración propia

# 11 Simulaciones

MEJOR POR ORIENTACIÓN:  
-Este

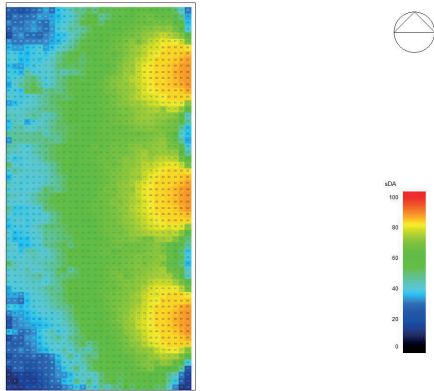


Imagen 43. Simulación Indicador DA. Programa Design Builder  
Elaboración propia

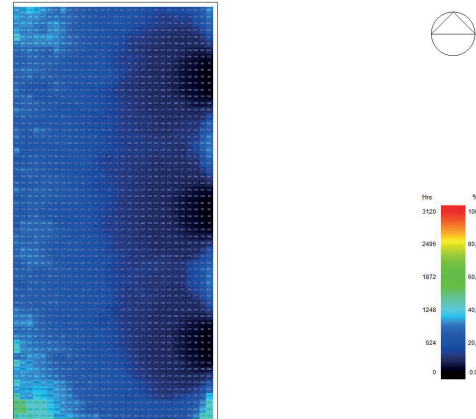


Imagen 44. Simulación Indicador UDI Insuficiente.  
Programa Design Builder. Elaboración propia

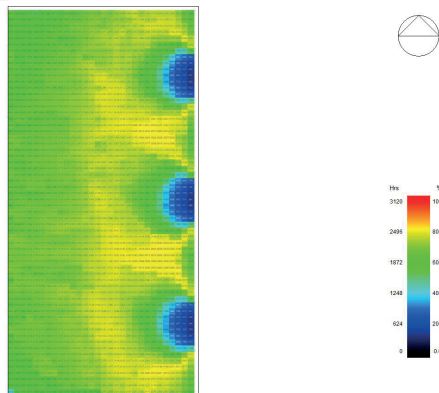


Imagen 45. Simulación Indicador UDI Suficiente.  
Programa Design Builder. Elaboración propia

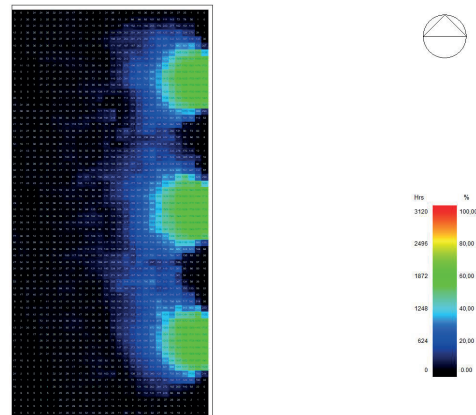


Imagen 46. Simulación Indicador UDI Excesivo.  
Programa Design Builder. Elaboración propia

# 12 Resultados

El modelo con porcentaje 25% en las aberturas de las ventanas, en la materialidad son las paredes blancas, con este material presenta mayor reflexión y hay una mayor distribución en los rayos de luz, y no se presenta un elevado indicador excesivo de luz.

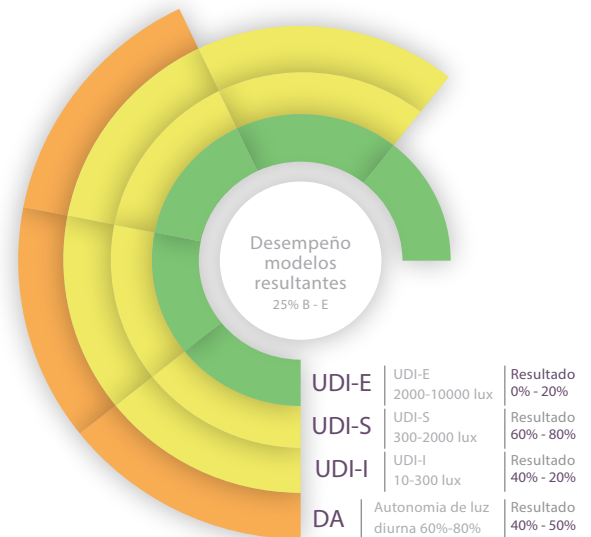


Imagen 47. Gráficas torta simulaciones. Orientación este.  
Elaboración propia

# 11

## Simulaciones

MEJOR POR ORIENTACIÓN:  
-Sur

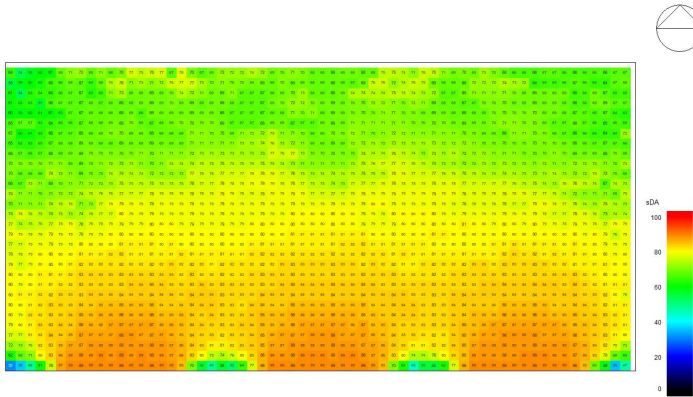


Imagen 48. Simulación Indicador DA. Programa Design Builder  
Elaboración propia

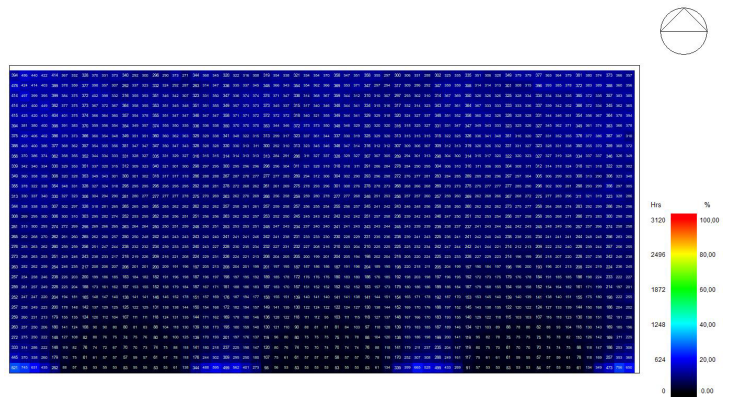


Imagen 49. Simulación Indicador UDI Insuficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

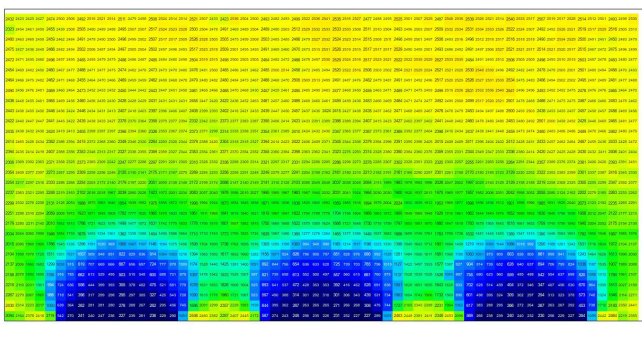


Imagen 50. Simulación Indicador UDI Suficiente. Programa Design Builder  
Elaboración propia

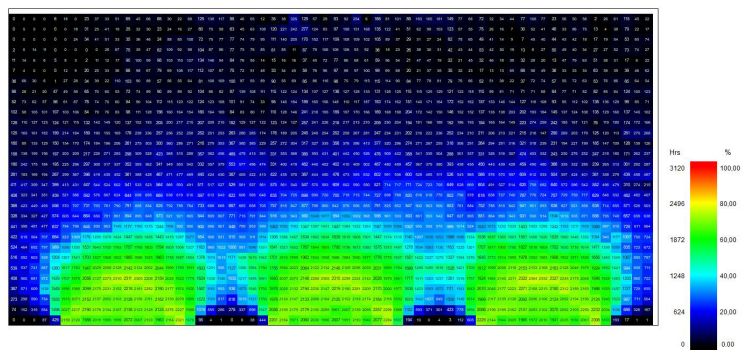


Imagen 51. Simulación Indicador UDI Excesivo. Programa Design Builder  
Elaboración propia

# 12

## Resultados

El modelo con porcentaje 25% en las aberturas de las ventanas, en la materialidad son las paredes con dos tonos, con este material se evidencia un DA más alto que los presentados por los otros materiales.

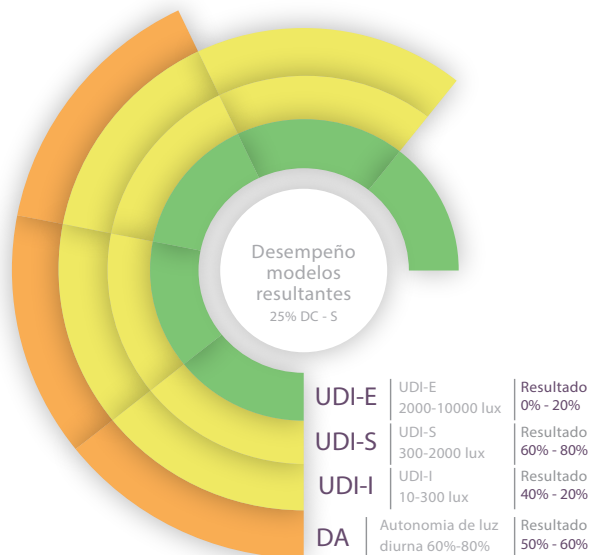


Imagen 52. Gráficas torta simulaciones. Orientación este.  
Elaboración propia

# 11 Simulaciones

MEJOR POR ORIENTACIÓN:  
-Oeste

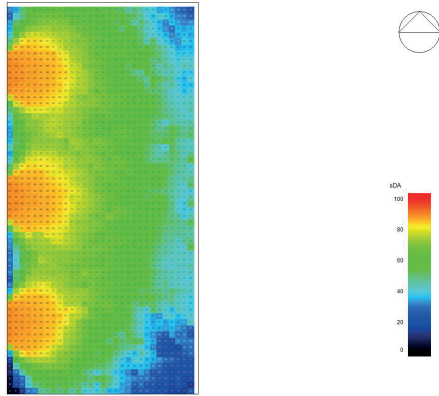


Imagen 53. Simulación Indicador DA.  
Programa Design Builder. Elaboración propia

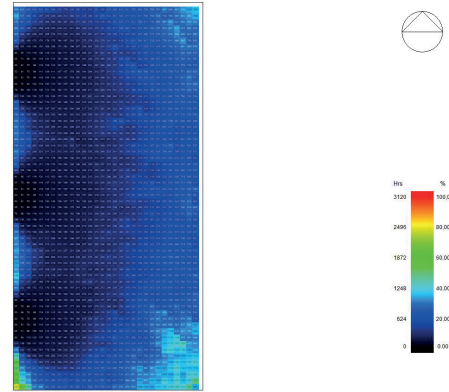


Imagen 54. Simulación Indicador UDI Insuficiente.  
Programa Design Builder. Elaboración propia

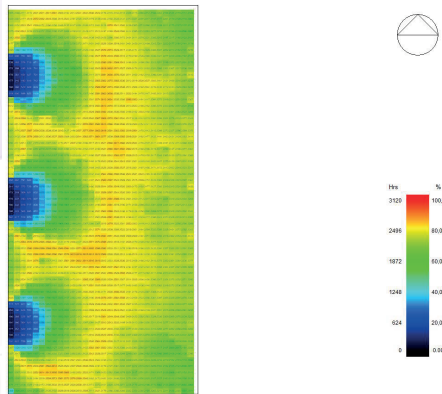


Imagen 55. Simulación Indicador UDI Suficiente.  
Programa Design Builder. Elaboración propia

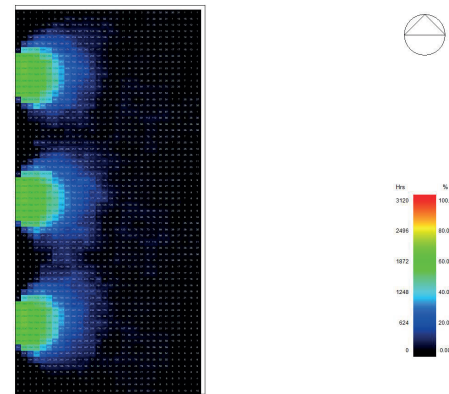


Imagen 56. Simulación Indicador UDI Excesivo.  
Programa Design Builder. Elaboración propia

# 12 Resultados

El modelo con porcentaje 50% en las aberturas de las ventanas, en la materialidad el mejor desempeño se presenta con las paredes blancas, con este material presenta mayor reflexión y hay una mayor distribución en los rayos de luz.

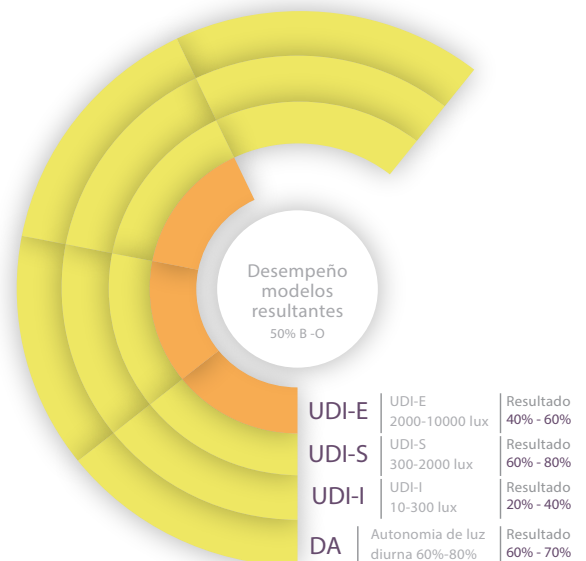


Imagen 57 . Gráficas torta simulaciones. Orientación este.  
Elaboración propia

## 12 Conclusiones

1. El confort lumínico en las aulas depende en gran parte de las características arquitectónicas de diseño y materialidad, encontrando así que estas cualidades deben plantearse en la primera fase del proyecto (diseño arquitectónico y constructivo) así se logran mitigar problemas posteriores de una iluminación no óptima y así no afectando la salud y aprendizaje de los ocupantes
2. La orientación del aula no puede ser una limitante para un desempeño óptimo de la iluminación natural dentro del aula, si se usan los materiales correctos y se implementan las estrategias de diseño arquitectónico pasivo tanto internas como externas, se puede cumplir con los requerimientos mínimos de confort lumínico
3. Teniendo las variables presentadas en la matriz (Tamaño del vano, materialidades y reflectancia de los mismos) se logró determinar los buenos desempeños en cada uno de los porcentajes de vanos, como en aulas con 25% de vano genera mayor desempeño escogiendo materiales como pintura blanca con reflectancia del 0.7, para aulas con aberturas del 50% al 75% es mejor tener materiales con reflectancias entre el 0.3 o 0.2 que pueden ser pinturas claras.
4. Para la tipología regular se encontró un mismo desempeño para las aulas orientas al norte y sur de igual forma para orientaciones este y oeste, se observó una misma distribución de la iluminación natural en los indicadores presentados; En cambio para la tipología irregular el comportamiento de la iluminación natural es completamente diferente en cada una de las orientaciones evaluadas.
5. En los cuadros de recomendación por orientación, se encontro que en ambos las aulas seleccionadas con el rendimiento más alto tienen las mismas características en materiales para la misma orientación pero con diferente abertura en las ventanas, esto indica que los indicadores en cada aula se comportan de manera totalmente diferente. En el momento de diseñar es necesario no implementar estrategias recomendadas para otras aulas ya que esto pueden afectar su rendimiento en confort.
6. En el cuadro de desempeño se evidencia que para ambas aulas la orientación con mejor desempeño es la norte pero estas tienen diferente materialidad. En la fase de diseño de un colegio nuevo en lo posible orientar las aulas al norte, con una materialidad que responda a la forma del aula.

## 14 Referencias

1. Agencia Chilena de eficiencia energética. (2012). Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales. Recuperado de [https://issuu.com/guias-agencia-ee/docs/gui\\_\\_a\\_geeduc\\_-\\_baja](https://issuu.com/guias-agencia-ee/docs/gui__a_geeduc_-_baja)
2. Palafox, C. (2002). La falta de luz natural es la causa de muchas enfermedades. Discovery D Salud. Recuperado de <https://www.dsalud.com/reportaje/la-falta-de-luz-natural-es-la-causa-de-muchas-enfermedades/>
3. Seis cubos. (15 de febrero de 2020). Métodos de análisis dinámicos. Recuperado de <https://www.seiscubos.com/conocimiento/metodos-de-analisis-dinamicos>
4. Colegio Rochester. (2016). El colegio Rochester como texto vivo de aprendizaje. Recuperado de: <https://rochester.edu.co/wp-content/uploads/2018/09/Cartilla-Cientifica-Rochester.pdf>
5. Universidad Pontificia Bolivariana. (2015). Guía para el diseño de edificaciones sostenibles. Recuperado de [https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion\\_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf](https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf)