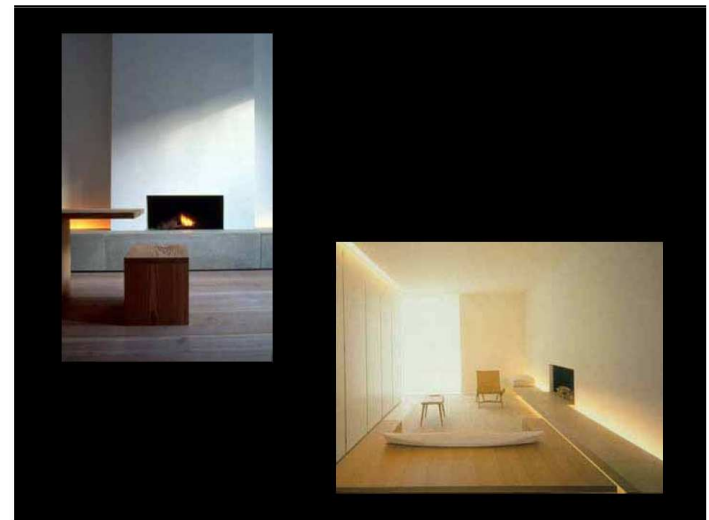


# Diseñando con Iluminación Natural

MSc Ing. Timo Márquez

Mayo 03 2012

Escuela de Arquitectura

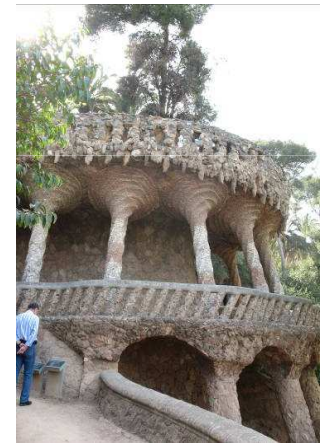
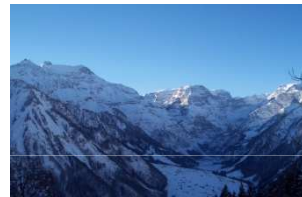


# Objetivo

- Tener un conocimiento más amplio de la importancia de la iluminación natural y su impacto en el diseño y consumo energético de edificaciones.
- Identificar las variables que contribuyen a una adecuada iluminación natural y plantear estrategias de acuerdo a los requerimientos del diseño.
- Manejara indicadores de desempeño para la toma de decisiones sobre una iluminación natural eficiente.

# Iluminación Natural

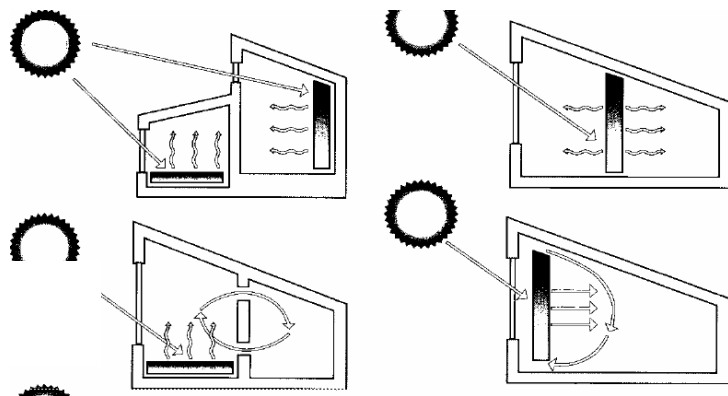
- Bienestar
- Salud
- Vida
- Integración al contexto
- Recursos naturales



# Diseño Solar Pasivo + Iluminación Natural

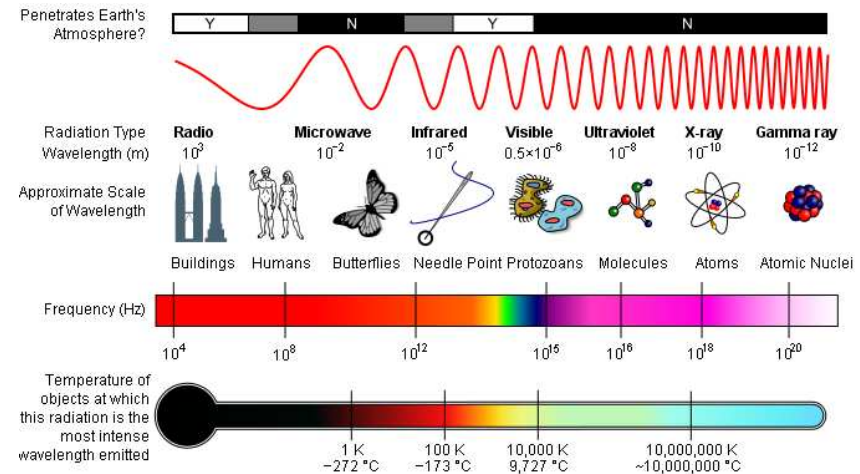
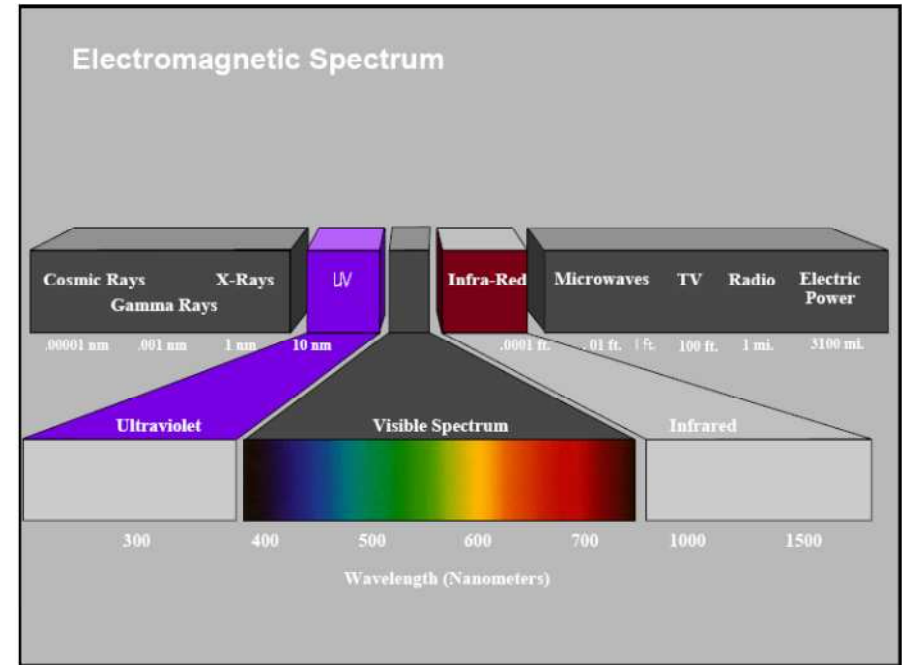
Obtienen y distribuyen ganancias solares por su propio diseño

¿Cómo incorporar las características deseadas dentro del ambiente construido?



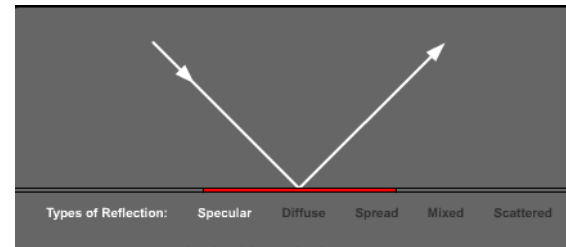
# ¿Qué es la Luz?

La luz visible es una banda pequeña dentro del espectro electromagnético, entre 380nm (violeta) y 760nm (rojo).

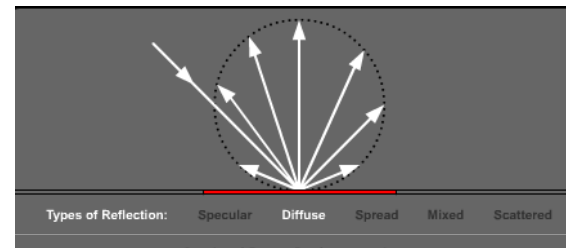


# Comportamiento

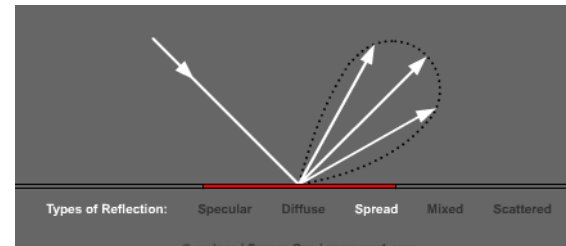
- **Reflexión**
- Transmisión
- Refracción



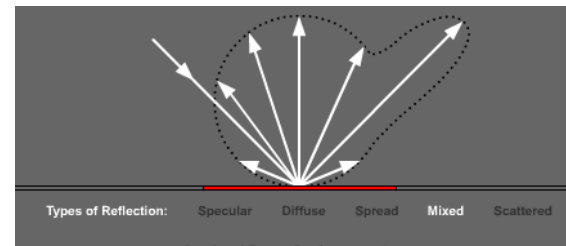
especular



difusa



dispersa



compuesta

Fuente: ECOTECT

# Comportamiento

- Reflexión
- Transmisión
- Refracción

El doble acristalamiento sgg CLIMALIT garantiza un aislamiento térmico de prácticamente el doble del de un acristalamiento monolítico (coeficiente U cerca de 2,9 W/m<sup>2</sup>.K contra 5,7 W/m<sup>2</sup>.K).

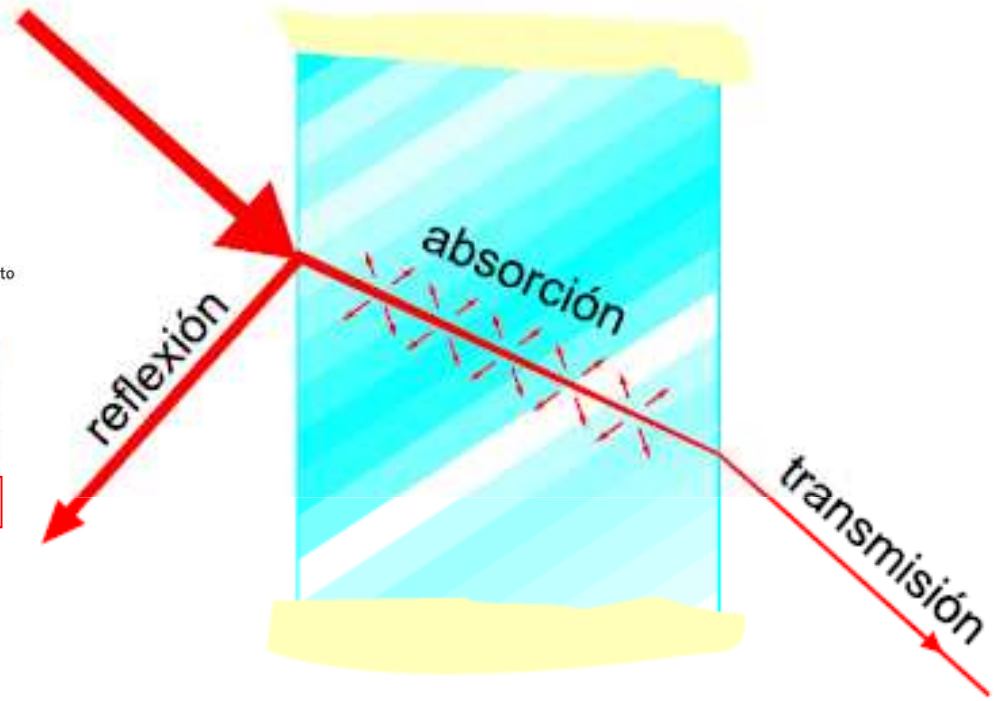
sgg CLIMALIT						
Vidrio exterior		sgg PLANILUX				
Vidrio interior		sgg PLANILUX				
Composición (1)	mm	4(6)4	4(12)4	4(16)4*	6(12)6	6(12)6*
Espesor	mm	14	20	24	24	28
Peso	kg/m <sup>2</sup>	20	20	20	30	30
<b>Factores luminosos</b>						
TL	%	81	81	81	79	79
RL ext	%	15	15	15	14	14
RL int	%	15	15	15	14	14
Tuv	%	44	44	44	38	38
<b>Factores energéticos</b>						
TE	%	70	70	70	64	64
RE ext	%	13	13	13	12	12
AE1	%	10	10	10	15	15
AE2	%	7	7	7	10	10
Factor solar g		0.75	0.76	0.76	0.72	0.72
Shading coefficient		0.87	0.87	0.87	0.83	0.83
Coeficiente Ug		W/(m <sup>2</sup> .K)				
Aire		3.3	2.9	2.7	2.8	2.7
<b>Índice de atenuación acústica (3)</b>						
Rw	dB	30	30	30	33	33
C	dB	-1	0	0	-1	-1
Ctr	dB	-3	-3	-3	-3	-5
RA	dB	29	30	30	32	32
RA,tr	dB	27	27	27	30	28

(1) valores idénticos para el ancho del intercalario de 15 ó 16 mm.

(2) los valores de los índices de atenuación acústica han sido calculados en el laboratorio acústico de Saint-Gobain Glass según la norma EN ISO 140. Estos valores pueden variar de un laboratorio a otro.

Fuente: [www.saint-gobain.com](http://www.saint-gobain.com)

## Reflexión – absorción - transmisión



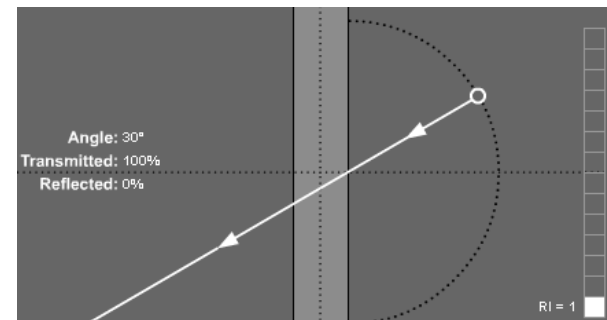
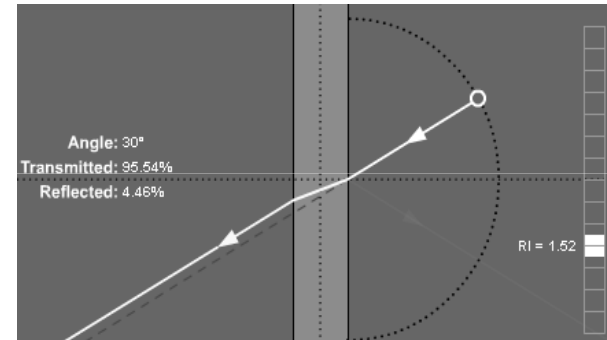
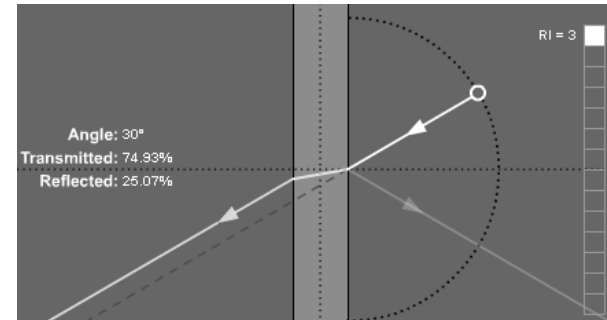
es la fracción de luz incidente una longitud de onda especificada que pasa a través de una muestra

# Comportamiento

- Reflexión
- Transmisión
- **Refracción**

Es el efecto que ocurre entre materiales transparentes de diferentes densidades, como el vidrio y aire.

Cuando la luz pasa por diferentes materiales los rayos se doblan y cambian de velocidad.



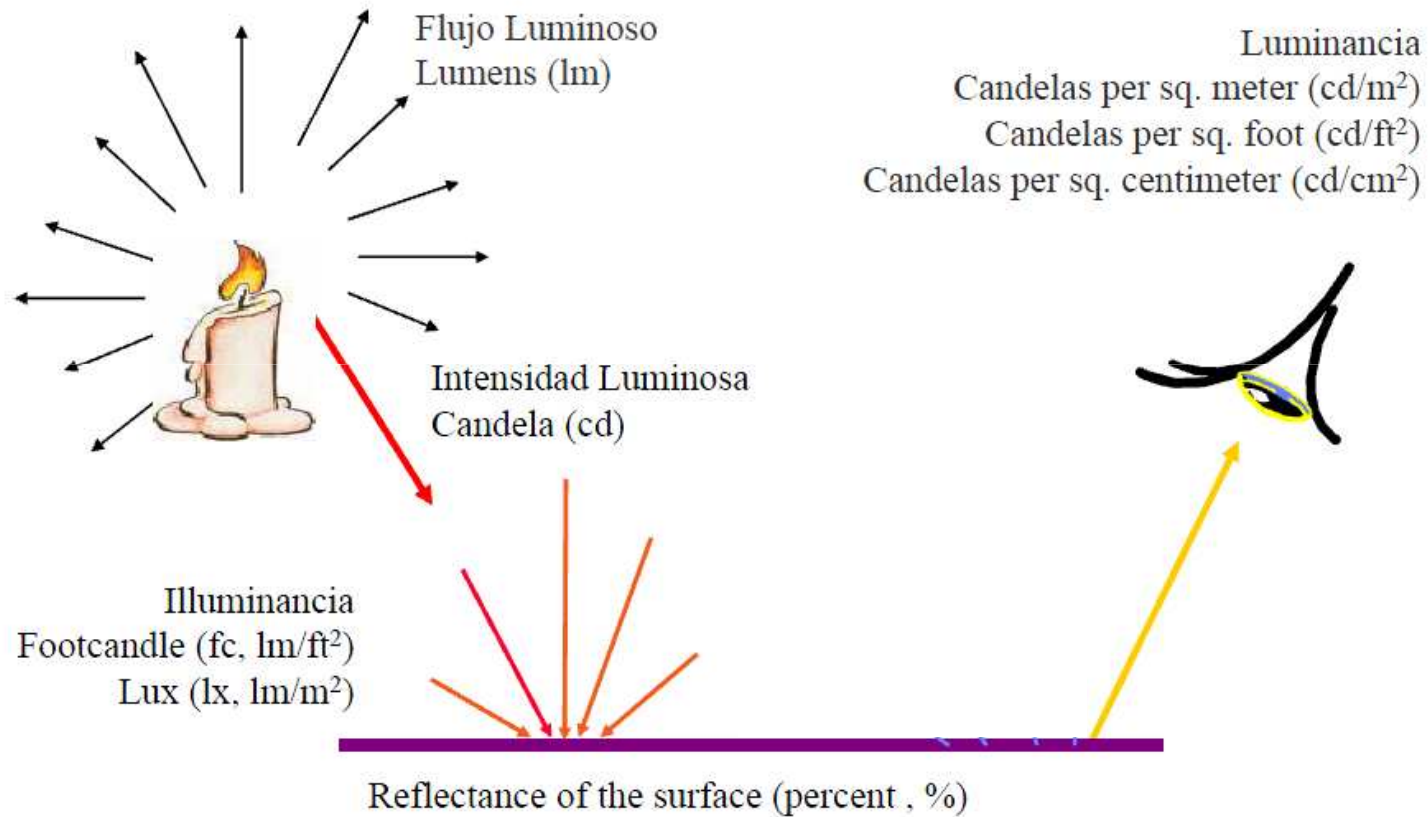
Fuente: ECOTECH



# Parámetros

Magnitud	Definición	Unidad	Abreviación
Flujo Luminoso	Cantidad total de luz emitida por una fuente	Lumen	lm
Intensidad luminosa	Intensidad de luz emitida en una dirección determinada	candela	cd
Iluminancia	la cantidad de luz (lúmenes) que llega A una superficie	lumen / m <sup>2</sup>	lux
Luminancia	Cantidad de luz radiada por unidad de superficie aparente en una dirección dada	candela por m <sup>2</sup>	cd / m <sup>2</sup>
Reflectividad	Propiedad de superficie para reflejar luz que recibe	reflejada / incidente	%

# Parámetros



# Visión

La visión solo depende de la luz. El ojo se encarga de convertir la luz en señales que son interpretadas por el cerebro. La habilidad visual es afectada por los siguientes factores:

## **Contraste**

Agudeza Visual

Desempeño visual

Eficiencia visual



Es la diferencia en las propiedades visuales que hacen a un objeto distinguirse de otro objeto o del fondo.

# Visión

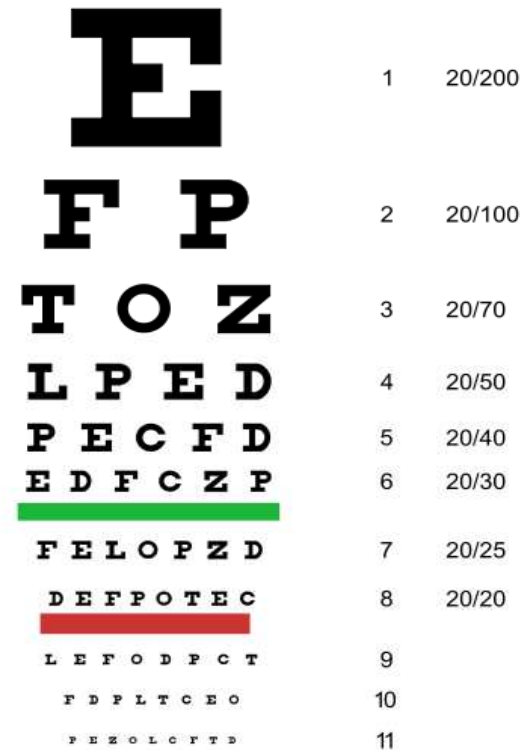
La visión solo depende de la luz. El ojo se encarga de convertir la luz en señales que son interpretadas por el cerebro. La habilidad visual es afectada por los siguientes factores:

Contraste

**Agudeza Visual**

Desempeño visual

Eficiencia visual



Se mide como el tamaño más pequeño que el ojo puede percibir a una distancia.

# Visión

La visión solo depende de la luz. El ojo se encarga de convertir la luz en señales que son interpretadas por el cerebro. La habilidad visual es afectada por los siguientes factores:

Contraste

Agudeza Visual

**Desempeño visual**

Eficiencia visual



Se cuantifica como el número de caracteres percibidos por unidad de tiempo, o el tiempo en ver detalladamente un carácter.

El desempeño mejora con mayor iluminación, por lo que el tiempo para realizar actividades visuales complejas disminuye con una mejor iluminación

# Visión

La visión solo depende de la luz. El ojo se encarga de convertir la luz en señales que son interpretadas por el cerebro. La habilidad visual es afectada por los siguientes factores:

Contraste

Agudeza visual

Desempeño visual

**Eficiencia visual**



Es el grupo de habilidades visuales como percepción de profundidad, percepción del color, movimiento del ojo y velocidad para enfocar.

# Iluminación Natural:

## Indicadores de desempeño

### Objetivos:

- Mejorar estética de edificación y su interior
- Confort visual, bienestar del ocupante, productividad organizacional
- Ahorro de energía en iluminación
- Ahorro general de energía

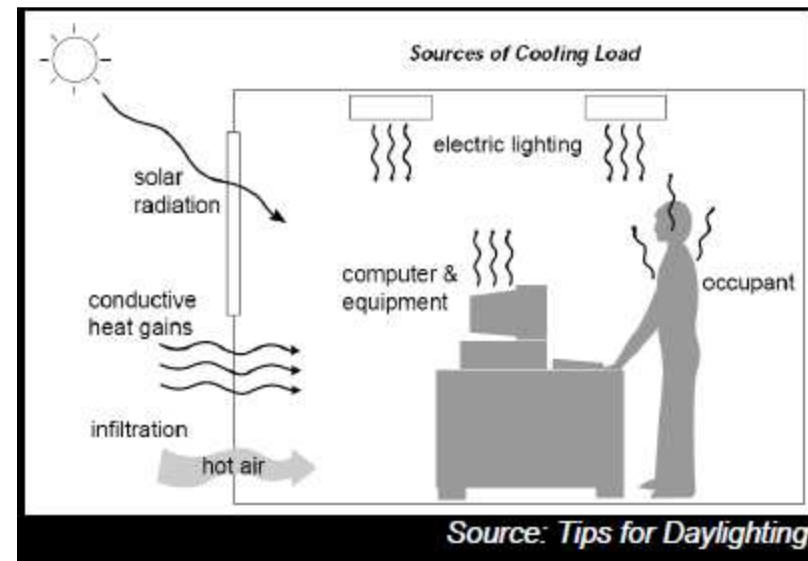


Variables que impactan la iluminación natural en los espacios:

- Relación ventana pared
- Transmitancia Visual de ventana
- Obstrucción exterior
- Altura de ventana
- Reflectancia de superficies
- Profundidad del cuarto
- Espacio interior
- Ubicación del sol

## Etapas de Diseño en Iluminación:

- Estudio del sitio
- Dimensiones y programas
- Decisiones de envolvente
- Selección de fenestración
- Estrategia de sombra
- Coordinación con Iluminación eléctrica





**Tabla N° 11.24**  
**Illuminancias Mínimas para locales Comerciales e Industriales**

Tipo de Local	Illuminancia [Lux]
Auditorios	300
Bancos	500
Bodegas	150
Bibliotecas públicas	400
Casinos, Restoranes, Cocina	300
Comedores	150
Fábricas en general	300
Imprentas	500
Laboratorios	500
Laboratorios de instrumentación	700
Naves de máquinas herramientas	300
Oficinas en general	400
Pasillos	50
Salas de trabajo con iluminación suplementaria en cada punto	150
Salas de dibujo profesional	500
Salas de tableros eléctricos	300
Subestaciones	300
Salas de venta	300
Talleres de servicio, reparaciones	200
Vestuarios industriales	100

Fuente: NCH Elec. 4/2003

**Tabla N° 11.25**  
**Illuminancias Mínimas para Locales Educativos y Asistenciales**

Tipo de Recinto	Illuminancia [Lux]
Atención administrativa	300
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	400
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía menor	500
Salas de cirugía mayor, quirófanos (*)	500
Salas de clases, párvulos	150
Salas de clases, educación básica	200
Salas de clases, educación media	250
Salas de clases, educación superior	300
Salas de Dibujo	600
Salas de Espera	150
Salas de Pacientes	100
Salas de Profesores	400

(\*) *Corresponde a la iluminación general del recinto, no considera el aporte de la lámpara quirúrgica.*

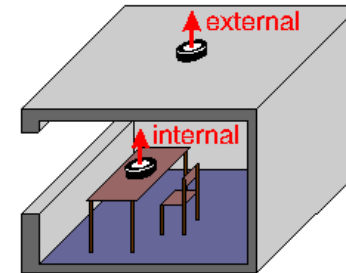
# Indicadores de desempeño:

El indicador de iluminación natural más utilizado es el **Daylight Factor (DF)**:

Describe la relación de iluminancia en un punto particular dentro de un espacio y la iluminancia exterior para las mismas condiciones de cielo.

$$DF = 100 * E_{in} / E_{ext}$$

< 2 % poca iluminación  
2% - 5% iluminado en rango optimo  
>5% altamente iluminado



#### IES formula

$$DF_{m, IES} = (A_{window} \epsilon U * 100) / (A_{floor})$$

#### BRE formula

$$DF_{m, BRE} = (A_{window} \alpha M t) / (A_{total} (1 - \rho_m))$$

#### Sumpner formula

$$DF_{m, Sumpner} = (A_{window} \alpha M t) / (2 A_{total} (1 - \rho_m))$$

#### Italian legislation

$$DF_{m, Italy} = (A_{window} \epsilon \psi t) / (A_{total} (1 - \rho_m))$$

$A_{window}$

Surface area of the window, excluding frame, bars and other obstructions [m<sup>2</sup>]

$A_{floor}$

Floor area of the room [m<sup>2</sup>]

$A_{total}$

Total internal surface area of the room [m<sup>2</sup>]

$\epsilon$

Factor to account for external obstructions

$U$

Utilisation factor

$\alpha$

Angle of visible sky from the mid-point of the window [°]

$M$

Maintenance factor of the window

$t$

Transmission factor of the glazing

$\rho_m$

Average reflection factor of all internal surfaces

$\psi$

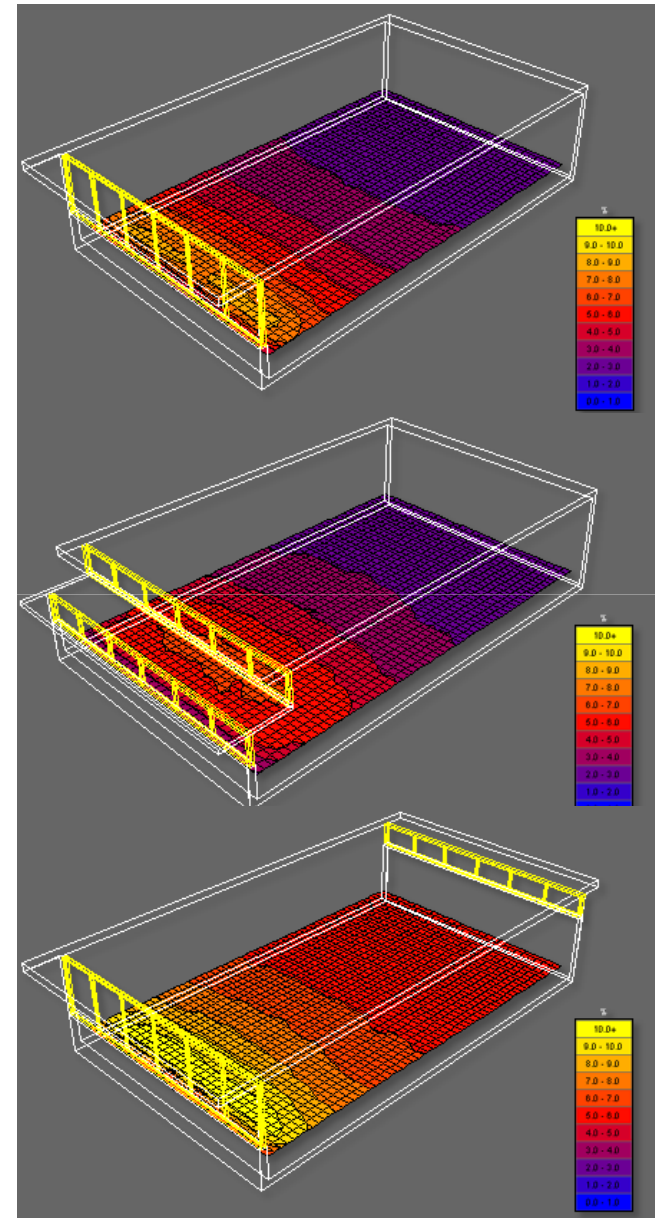
Factor to account for thickness of the window wall

# Indicadores de desempeño:

## Daylight Factor

- < 2 % poca iluminación
- 2% - 5% iluminado en rango optimo
- > 5% altamente iluminado

Permite comparar visualmente y objetivamente las diferentes configuraciones del diseño.

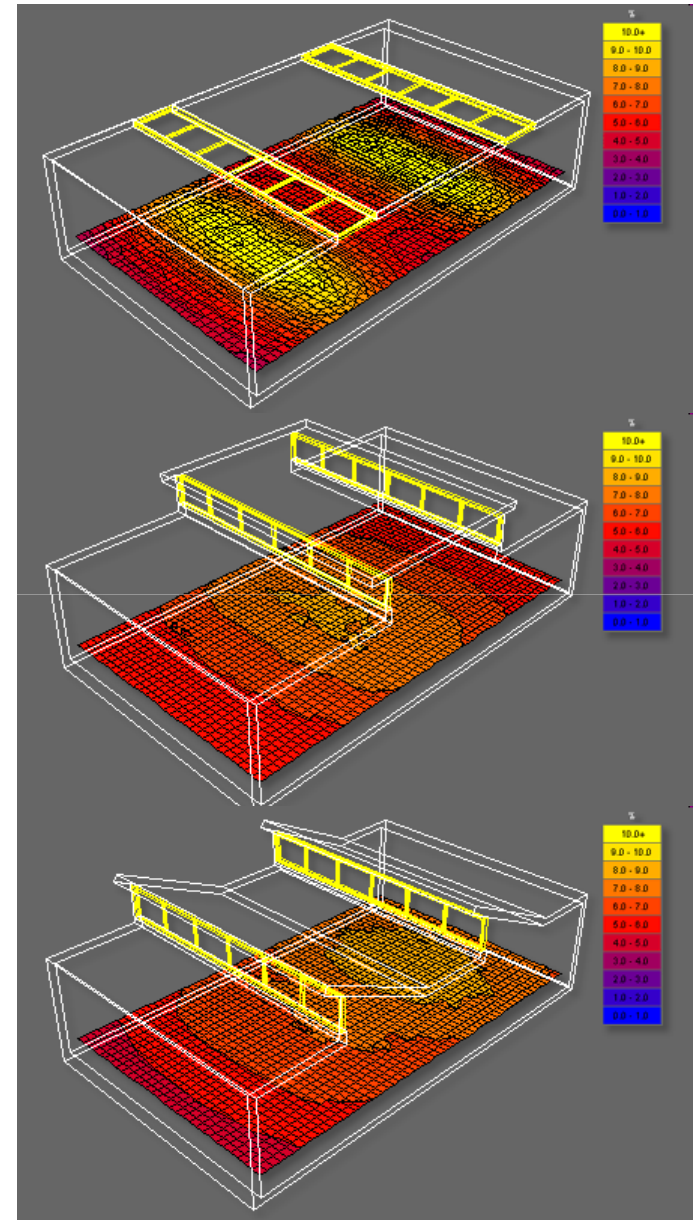


# Indicadores de desempeño:

## Daylight Factor

- < 2 % poca iluminación
- 2% - 5% iluminado en rango optimo
- > 5% altamente iluminado

Permite comparar visualmente y objetivamente las diferentes configuraciones del diseño.

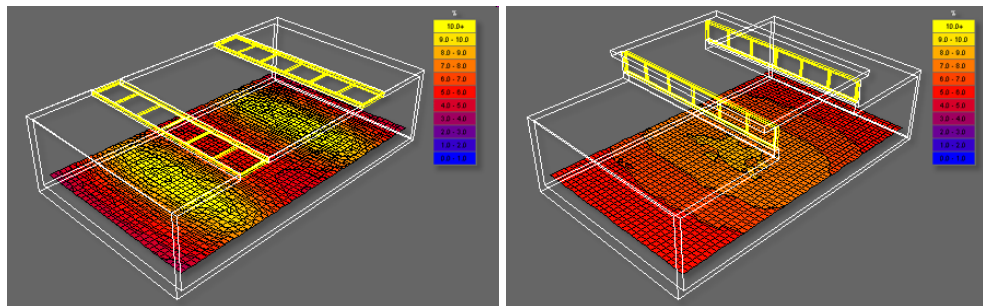
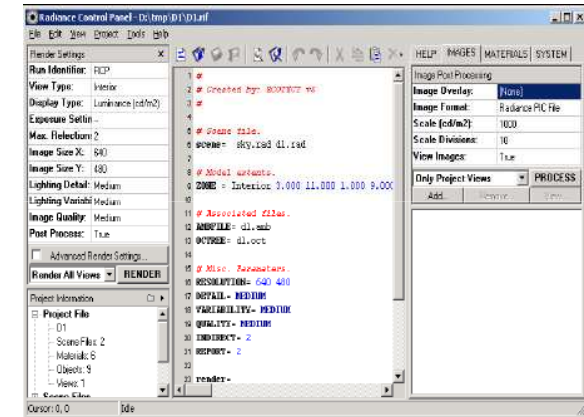
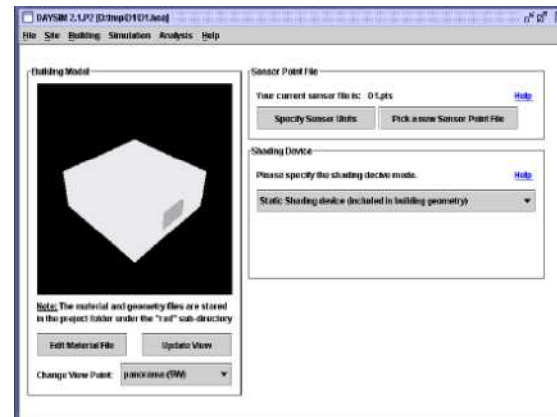
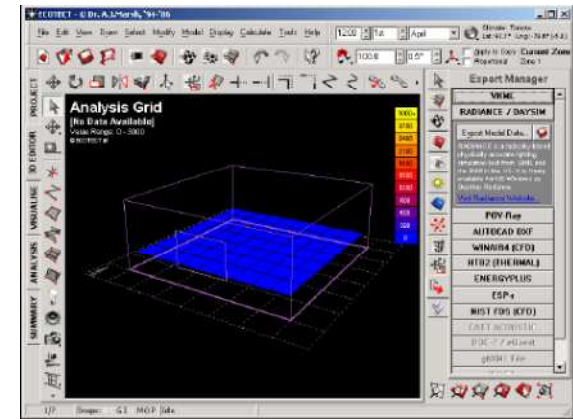


# Indicadores de desempeño:

## Daylight Factor

Herramientas de cálculo:

- Ecotect
- Radiance
- Daysim

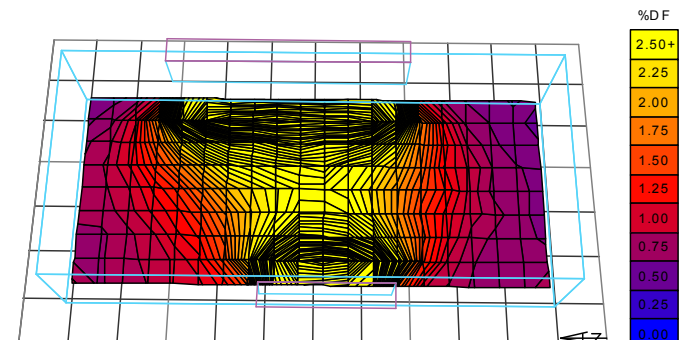
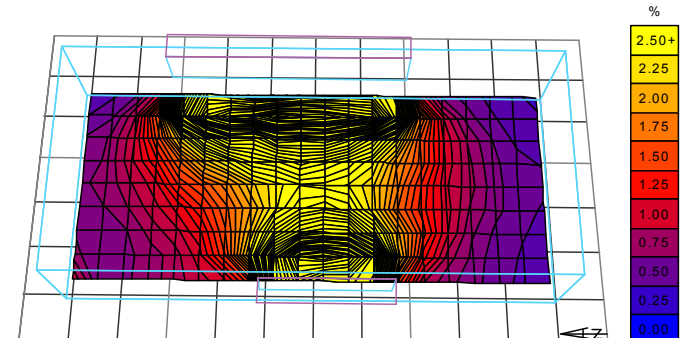
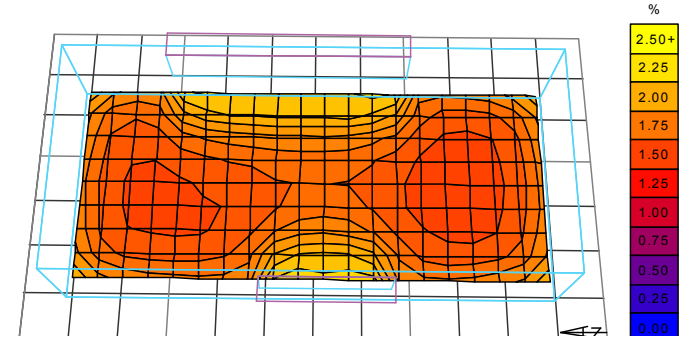
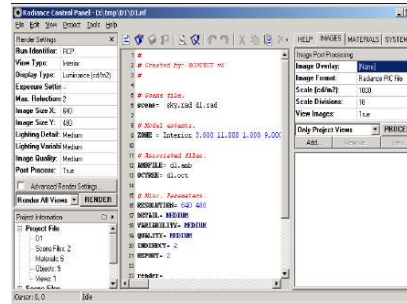
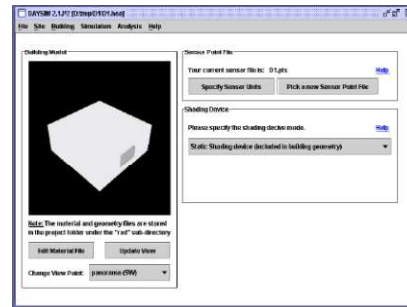
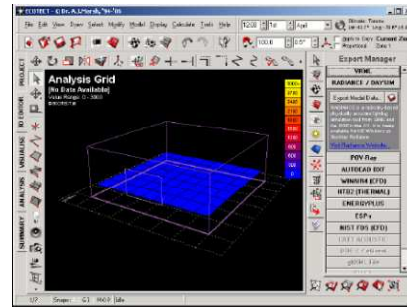


## Desventajas:

- Se basa en un cielo sombreado
- No depende de la orientación
- Falta relación con consumo eléctrico para iluminación
- sobre/subestima por reflectividad interna

# Indicadores de desempeño:

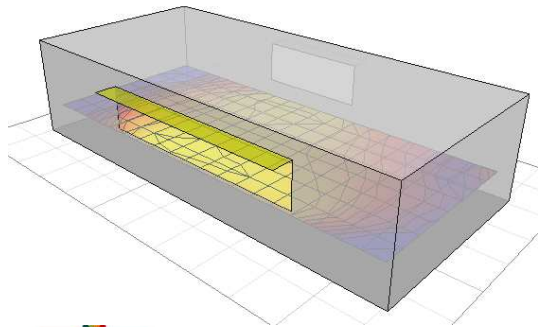
## Comparación de resultados para el Daylight Factor



# Indicadores de desempeño:

Para optimizar el diseño es necesario introducir otros indicadores que permitan evaluar diferentes alternativas a seleccionar.

**Autonomía lumínica:** porcentaje del tiempo ocupado del año, cuando el mínimo nivel de iluminancia se puede mantener con luz natural solamente.

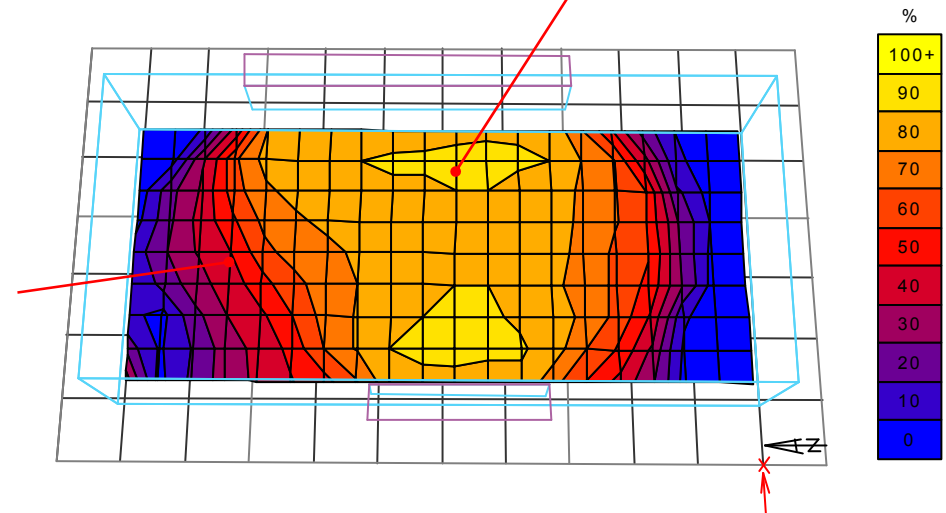


Se pueden alcanzar 400 lux 40% del tiempo ocupado con luz natural

## Ventajas:

- Toma en cuenta las condiciones del cielo para todo el año.
- Depende de la orientación
- Caracteriza el potencial de luz natural de un espacio.

Se pueden alcanzar 400 lux 100% del tiempo ocupado con luz natural



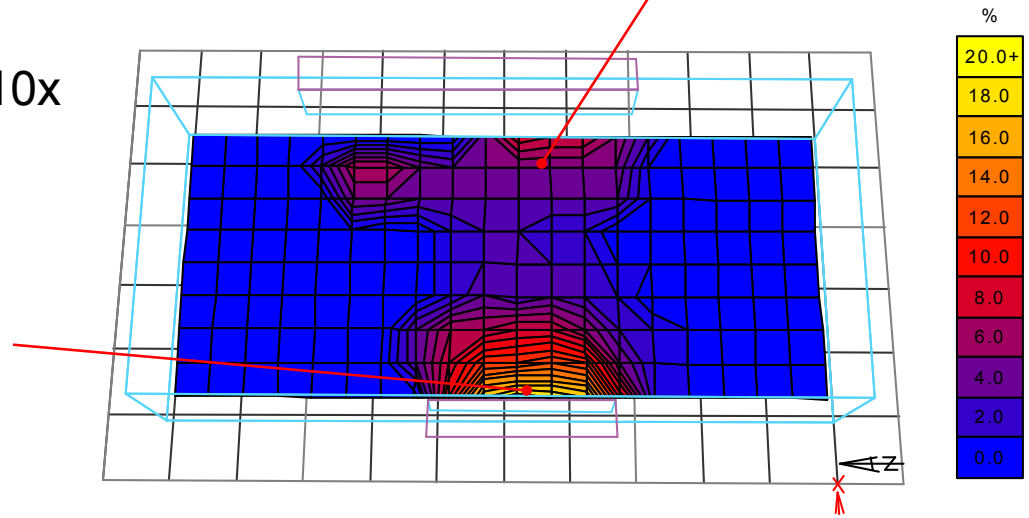
# Indicadores de desempeño:

Para optimizar el diseño es necesario introducir otros indicadores que permitan evaluar diferentes alternativas a seleccionar.

**Autonomía lumínica máxima:** porcentaje del tiempo ocupado del año, cuando luz directa o con altos niveles de iluminancia están presentes (deslumbramiento). Se estima como 10x el nivel mínimo requerido.

Los niveles de luz pasan los 4000 lux 18% del tiempo ocupado

Los niveles de luz pasan los 4000 lux 5% del tiempo ocupado





## Caso de Estudio: Edificio Oficina: Sudáfrica

### Optimización de Iluminación Natural:

- ❖ Evaluar indicadores para el desempeño lumínico del diseño
- ❖ Analizar impacto de muebles para la iluminación natural

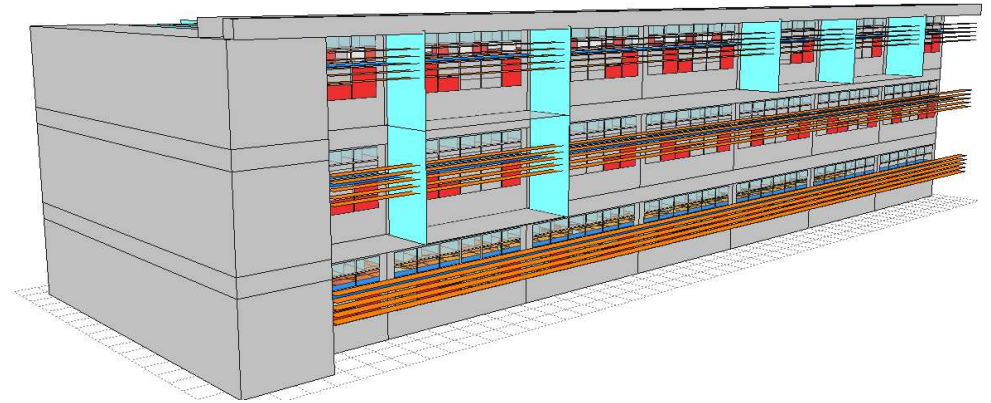
### Indicadores:

- **Daylight Factor:** proporción entre iluminancia interior sobre exterior
- **Daylight Autonomy:** Indica el porcentaje de horas para el que se logra el mínimo de iluminancia (lux) requerido
- **DAm<sub>ax</sub>:** Indica el porcentaje de horas cuando condiciones de la luz directa o alto nivel de luz están presente (es un indicativo de deslumbramiento)
- **UDI 100-2000:** Indica el porcentaje del tiempo en que niveles de iluminación tienen uso para el ocupante (<100 lux muy oscuro, >2000 lux muy iluminado),
- **kWhr:** Indica la energía eléctrica ahorrada por el sistema de iluminación

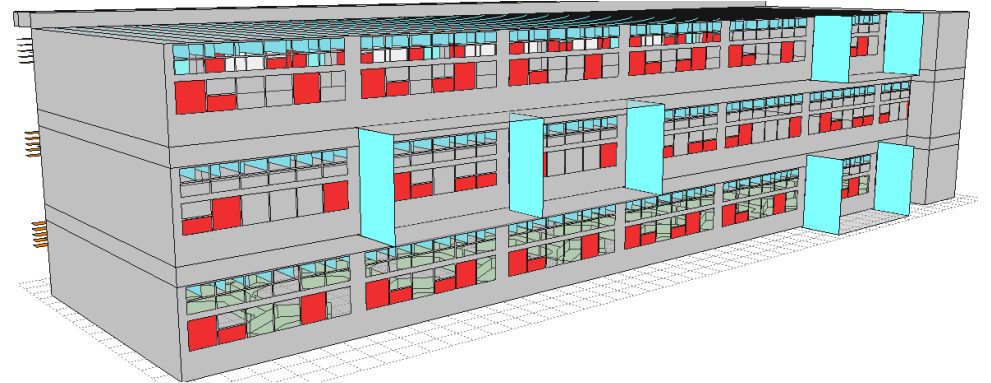
## Optimización de Iluminación Natural:

- ❖ Evaluar indicadores para el desempeño lumínico del diseño
- ❖ Analizar impacto de muebles para la iluminación natural

- Protección solar horizontal
  - Estantes de luz
- Vidrio translucidos
- Vidrios doble claros
  - Aislamiento
  - Balcones



North facade

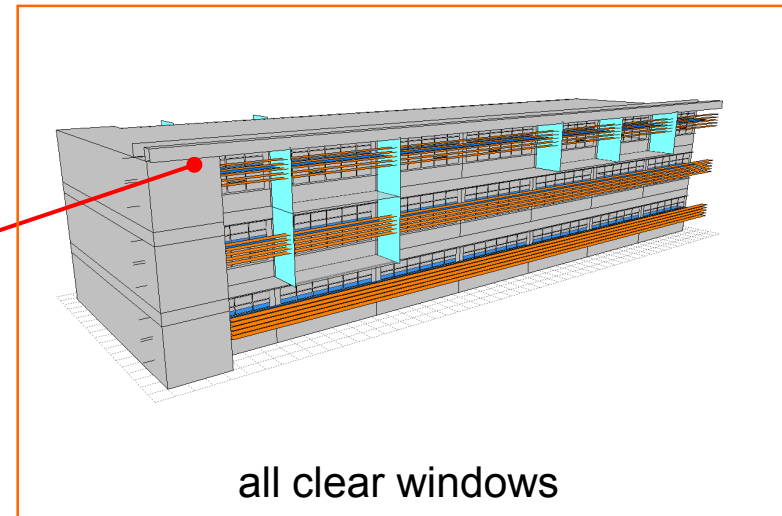
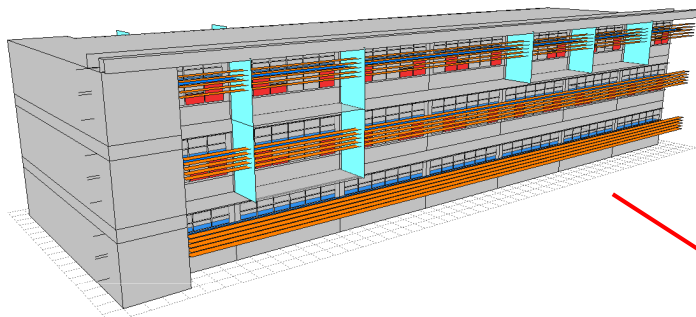


South facade

Proyecto de Iluminación Natural: PJCarew Consulting, South Africa.

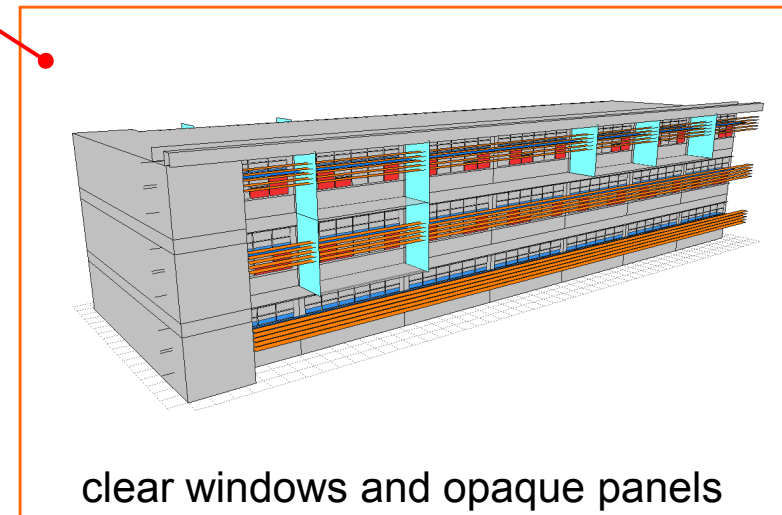
## Optimización de Iluminación Natural:

❖ Daylight Factor



all clear windows

- Tvis Ventanas Doble : 65%
- Tvis Ventanas translucidas: 30%
- Reflectividad:
  - Piso 0.30
  - Pared 0.70
  - Techo 0.80

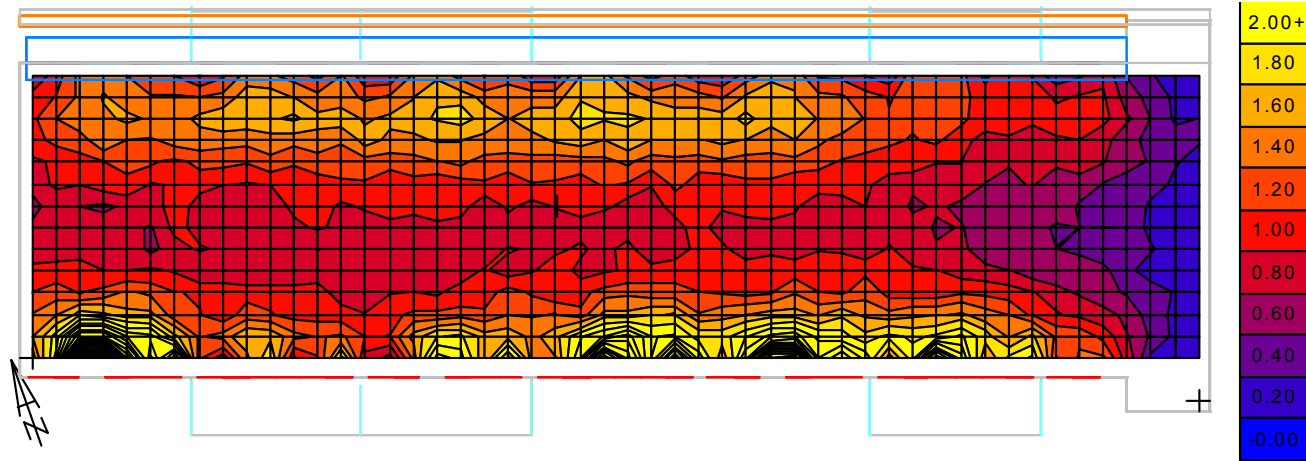
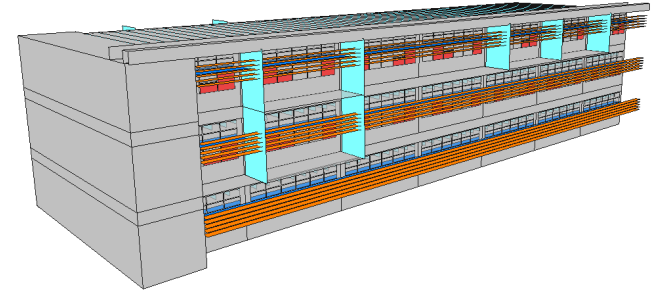


clear windows and opaque panels

casos de estudio

## Optimización de Iluminación Natural:

❖ Daylight Factor

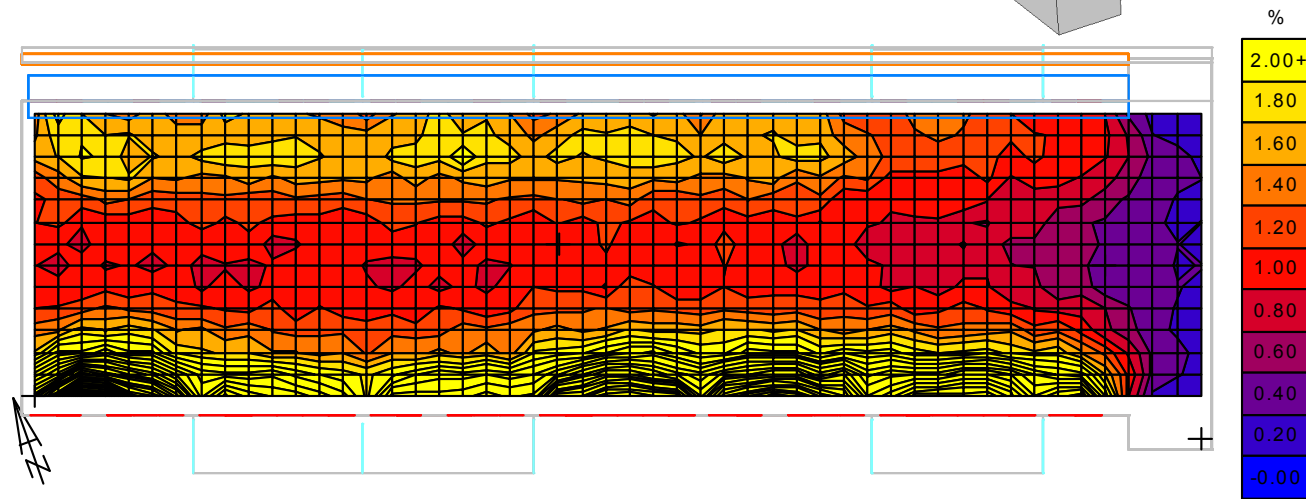
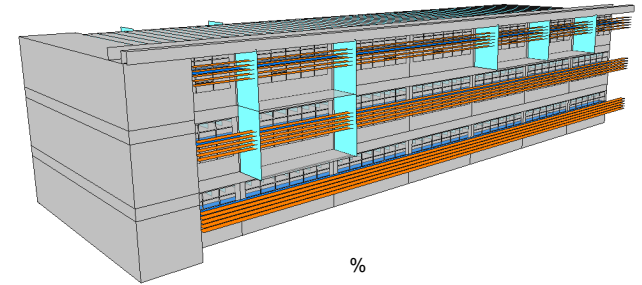


- **Observations:**
- Daylight Factor - 7% of sensor are above 2%

casos de estudio

## Optimización de Iluminación Natural:

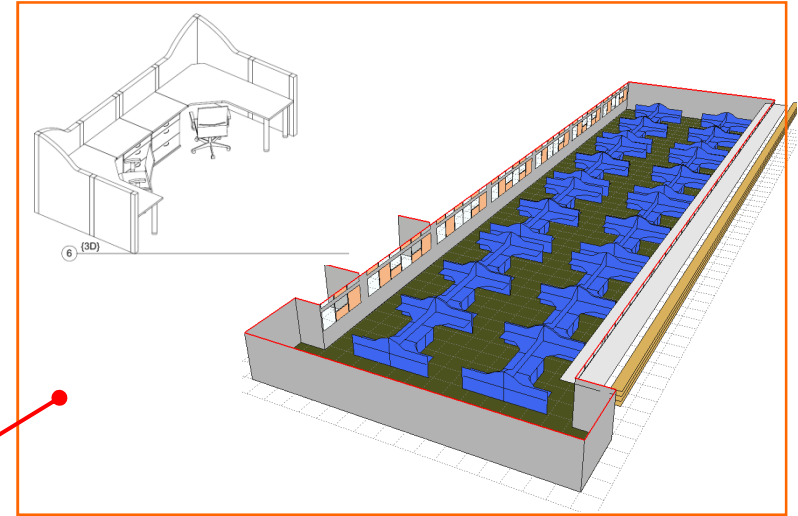
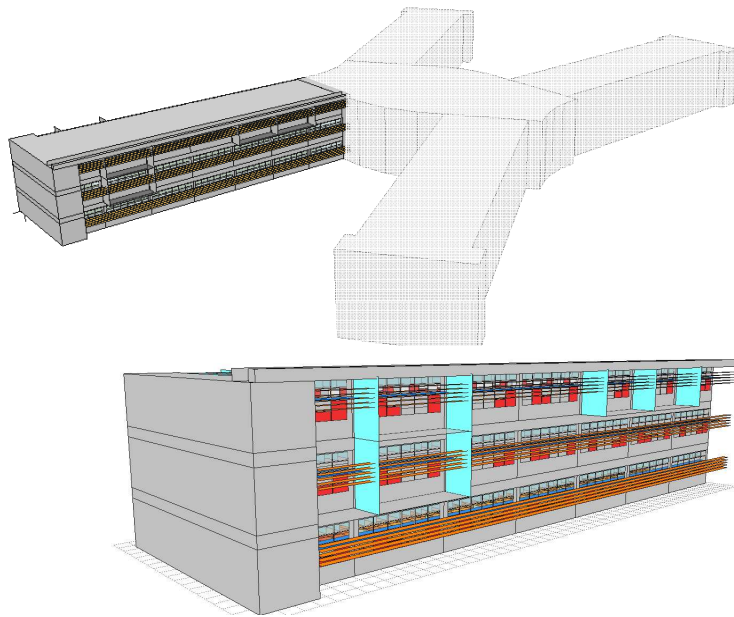
❖ Daylight Factor



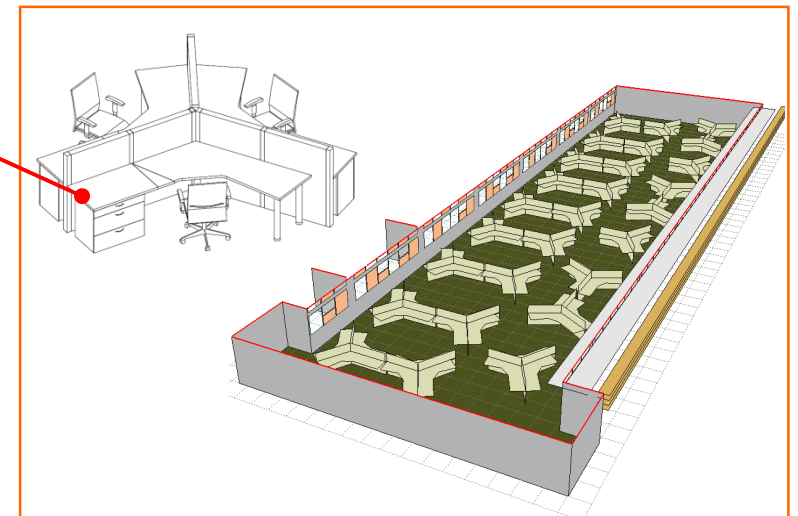
- **Observations:**
- Daylight Factor - 17% of sensor are above 2%

### Optimización de Iluminación Natural:

- ❖ Daylight Autonomy
- ❖ Impacto de muebles



Workstation 1



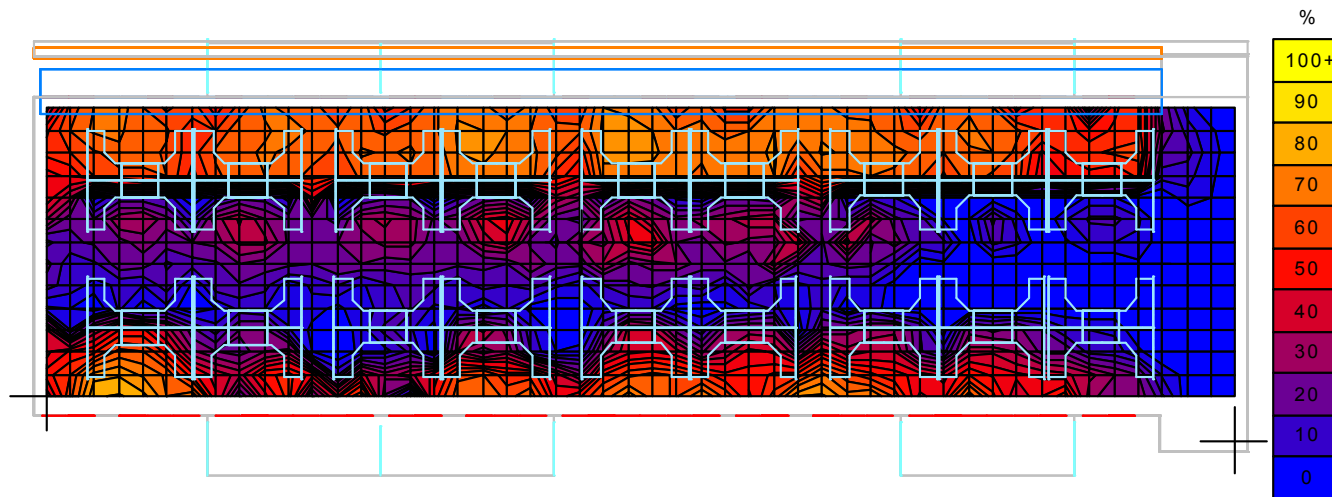
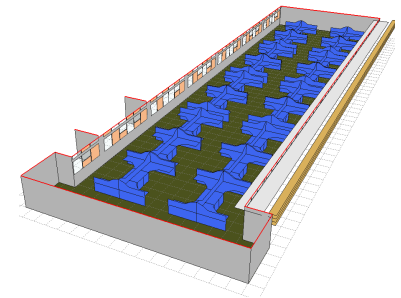
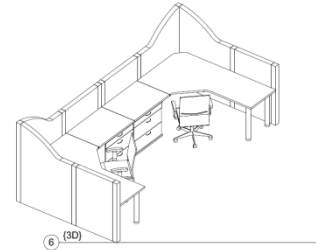
Workstation 2

- Time: 7 -19
- Lux level: **350 lux**
- Power density: 11 W/m<sup>2</sup>
- Area: 681 m<sup>2</sup>

## casos de estudio

### Optimización de Iluminación Natural:

- ❖ Daylight Autonomy
- ❖ Impacto de muebles

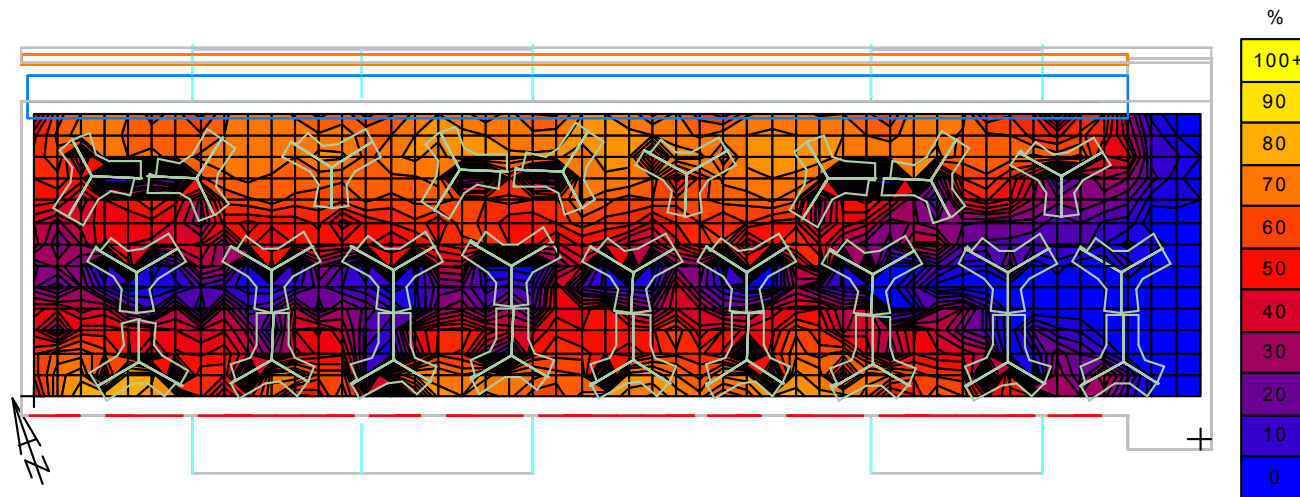
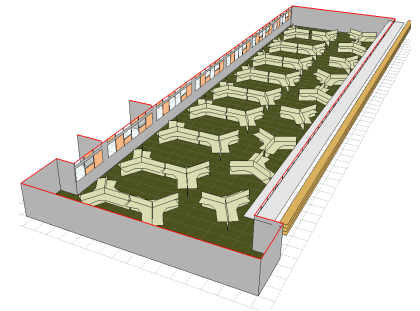


- **Observations:**
- DA of sensors fall between 0% and 86%
- 26% of sensors with DA above 60%
- Workstation distribution has an impact on daylight penetration

## casos de estudio

### Optimización de Iluminación Natural:

- ❖ Daylight Autonomy
- ❖ Impacto de muebles

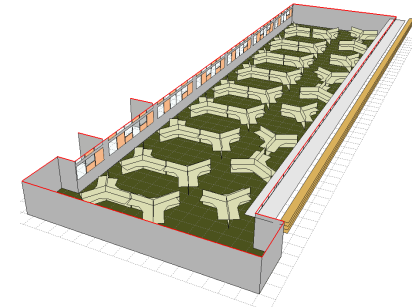
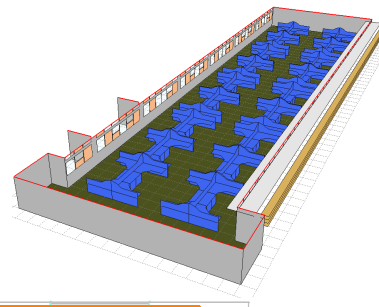


- **Observations:**
- DA of sensors fall between 0% and 87%
- 35% of sensors with DA above 60%
- Glazing systems transmittance seems low for current design

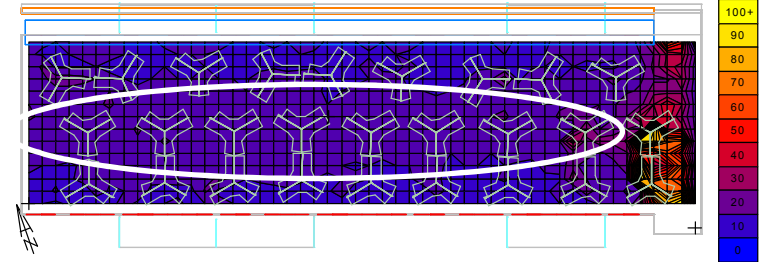
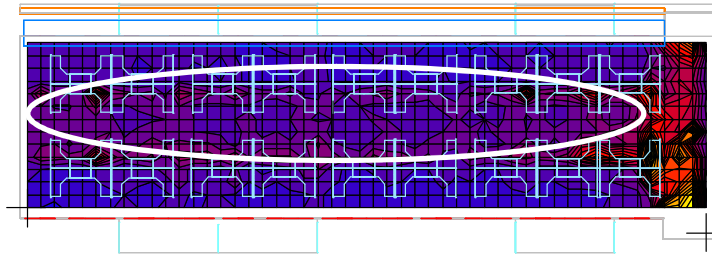


### Optimización de Iluminación Natural:

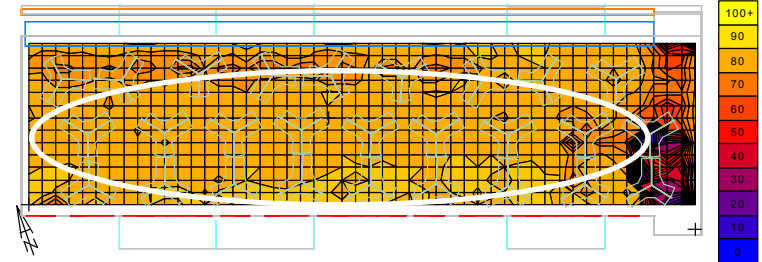
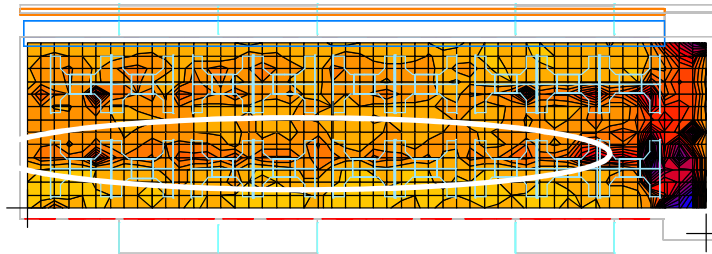
- ❖ Daylight Autonomy
- ❖ Impacto de muebles



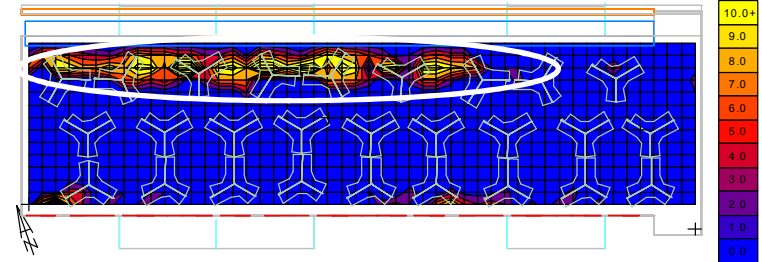
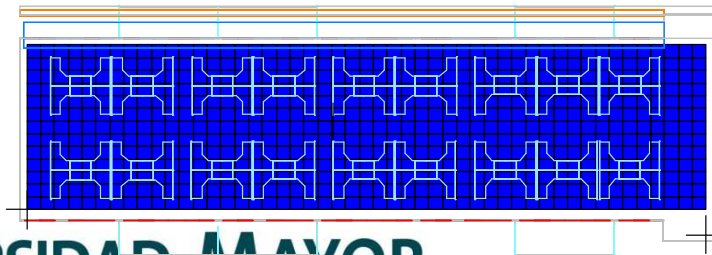
• muy oscuro



• rango aceptable



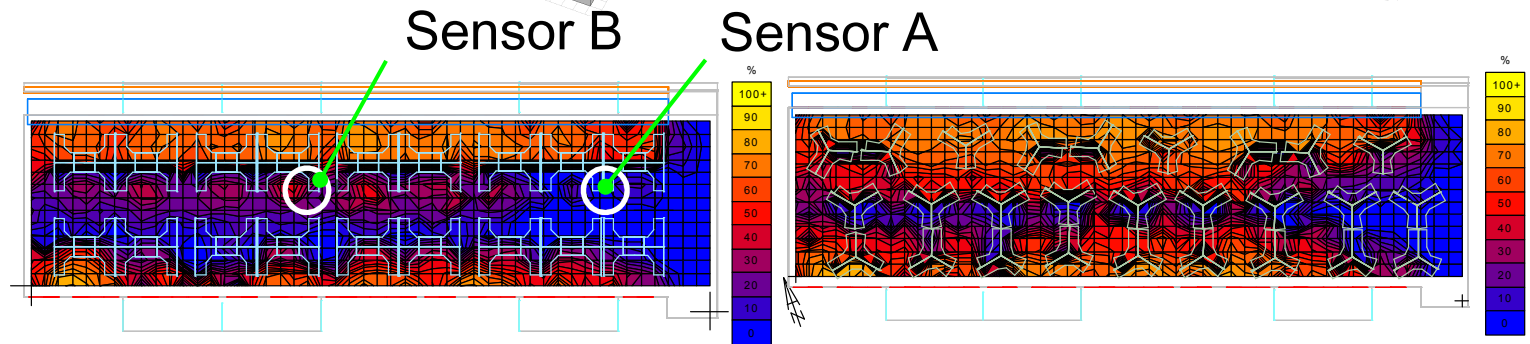
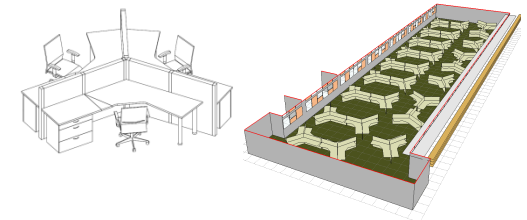
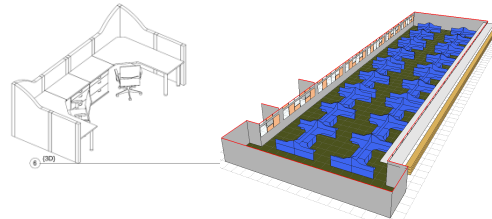
• muy iluminado



### Optimización de Iluminación Natural:

❖ kWh ahorrados debido a iluminación natural

Observations:  
kWh/m<sup>2</sup>: 35.1



## Workstation 1

## Workstation 2

- Sensor A: 14.8 kWh/m<sup>2</sup>      8.5 kWh/m<sup>2</sup>
- Sensor B: 6.4 kWh/m<sup>2</sup>      5.2 kWh/m<sup>2</sup>