

Diseño y evaluación de iluminación eficiente

John Martin Evans

Centro de Investigación Hábitat y Energía
Facultad de Arquitectura, Diseño y
Urbanismo

Universidad de Buenos Aires
evansjmartin@gmail.com

¿Por qué eficiencia energética en iluminación?

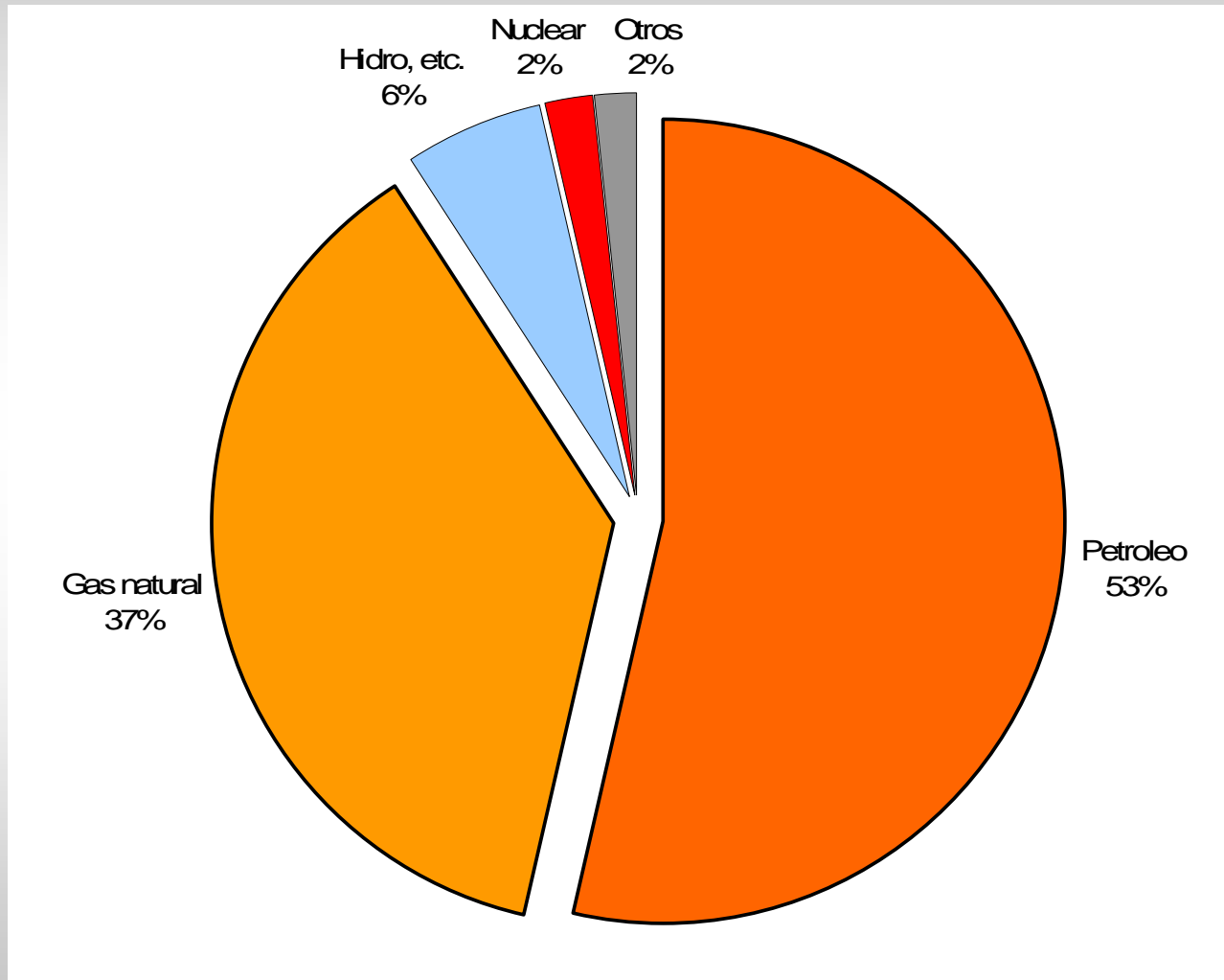
Múltiples razones:

- **Económicas:** reducir costos
- **Ecológicas:** reducir impactos ambientales
- **Confort:** mejorar condiciones en interiores
- **Comerciales:** promover productividad y ventas
- **Empresariales:** contribuir a la imagen corporativa
- **Estratégicas:** conservar recursos no renovables
- **Previsión:** responder a cambios futuros

Eficiencia energética y costos en iluminación

- El 25 % de la energía eléctrica en Argentina corresponde al uso de iluminación artificial.
 - Se puede reducir a 12 % con medidas de eficiencia energética y tecnología disponible.
 - Aun con las bajas tarifas actuales, se recupera la inversión en plazos razonables.
- ~ 80 % de los costos de iluminación = energía

Recursos de energía e iluminación



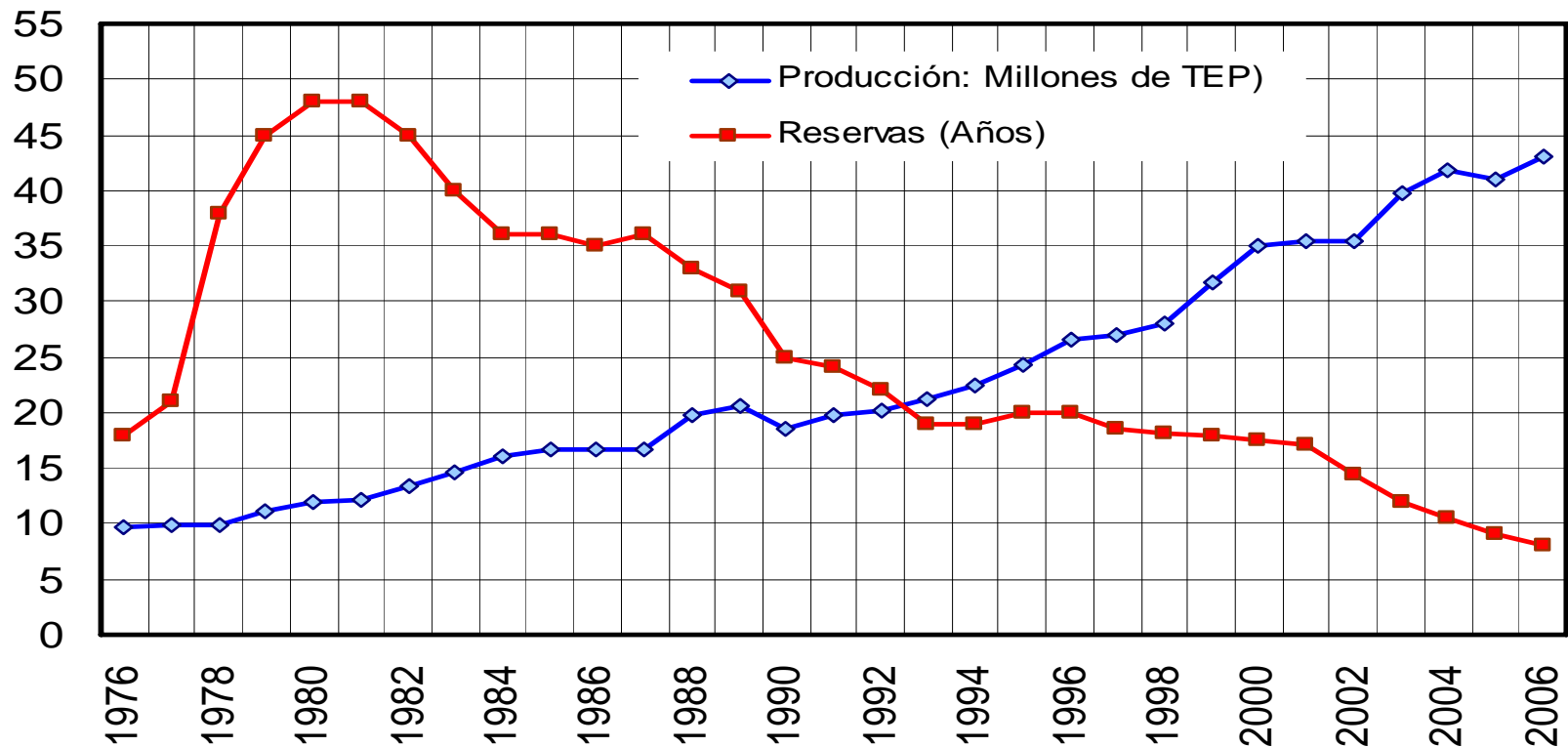
Alta dependencia en energías fósiles (Argentina: 2006)

Fuentes de energía: gas en Argentina

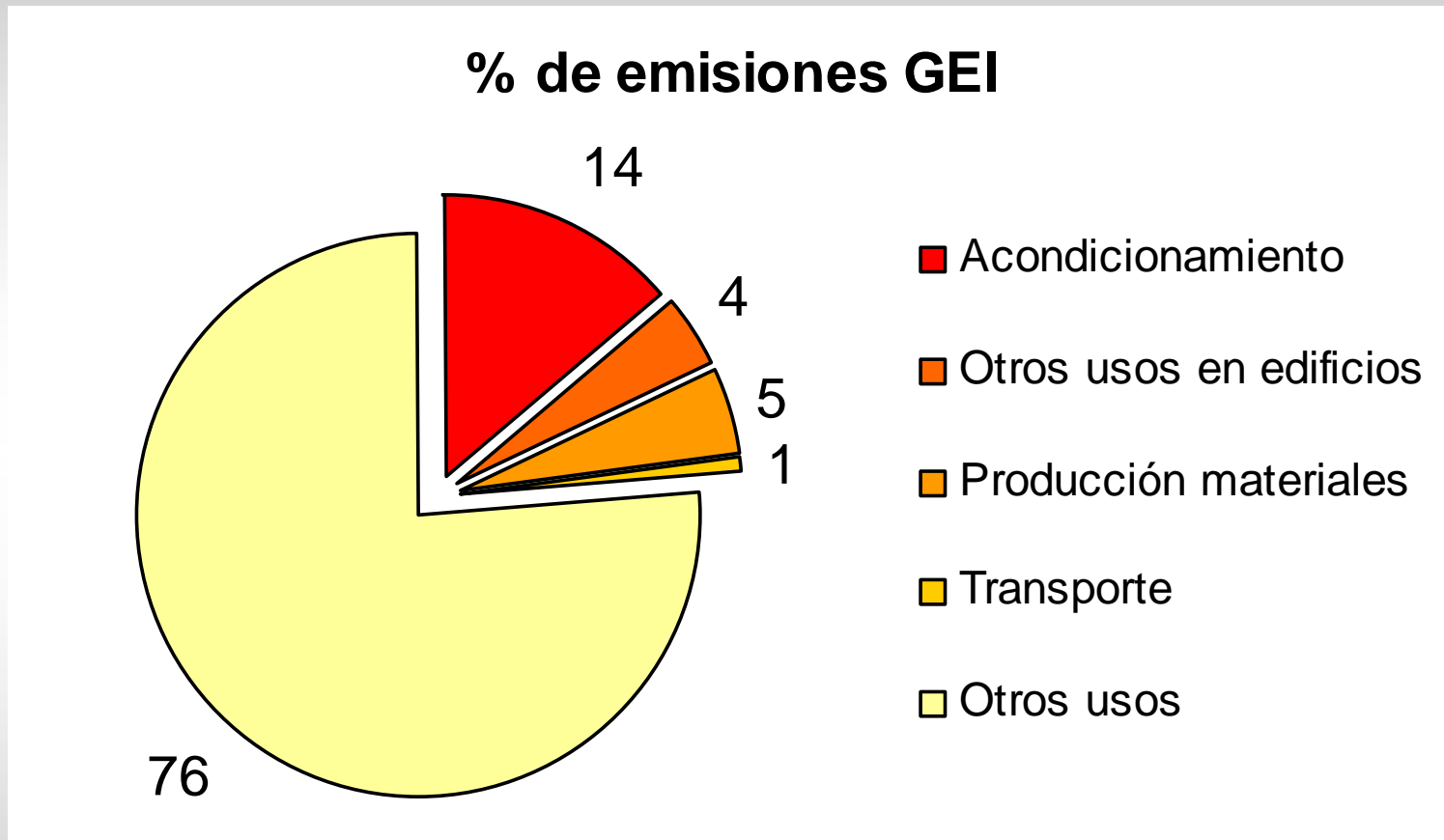
Reservas: 1980-2006: reducción de 48 a 8 años en 26 años

Producción: 1980-2006: aumento sostenido

Disponible: 8 años de reservas, con producción actual.
Menores reservas, más extracción y exportación.



Iluminación eficiente, energía e impacto ambiental



Emisiones de gases efecto invernadero: edificios en Argentina 24-25%
Calefacción, refrigeración, iluminación artificial 14 %, = 2/3 del uso de energía en edificios.

La iluminación y el impacto ambiental de la energía

Escala mundial: calentamiento global debido al impacto de GEI 'gases efecto invernadero', aumento de UV por destrucción de la capa de ozono.

Escala regional: lluvia ácida, polución térmica de ríos, polución aérea.

Escala urbana: isla de calor, polución, aceleraciones de viento, etc.

Escala edilicia: sobre-calentamiento, discomfort visual, etc.

Relación entre iluminación, confort y energía:

Impactos dependen de decisiones de diseño

Iluminación eficiente y Confort térmico

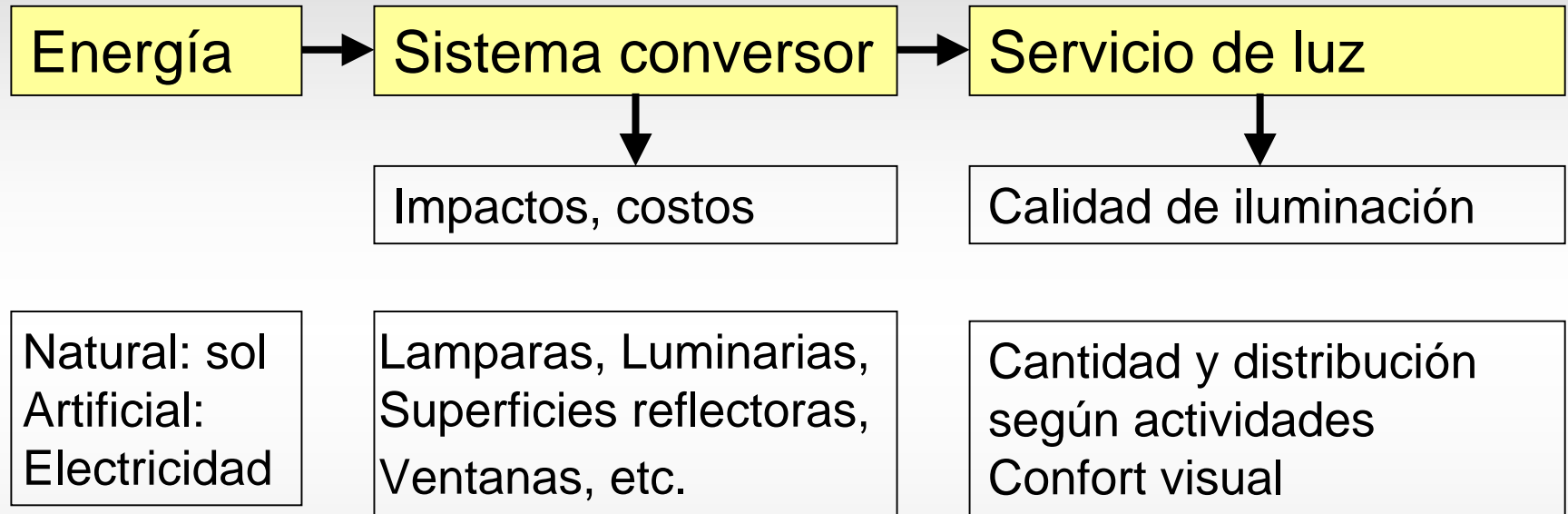
Artefactos, lámparas y luminarias eficientes solo utilizan menos energía y emiten más luz en relación con el calor generado.

Si bien la mayor generación de calor puede ser un beneficio en invierno, calefaccionar espacios con lámparas ineficientes es muy costoso....

En verano (en muchos edificios también en otras estaciones) el calor generado requiere mayor capacidad de refrigeración (> costo + impacto)

Energía y luz

Iluminación como sistema conversor de energía



Eficiencia energética en iluminación =
mejor calidad + menor costo + mínimo impacto

Eficiencia energética en iluminación

Eficiencia total **E** de la iluminación:

$$\mathbf{E} = E_1 \times E_2 \times E_3 \times E_4 \times E_5$$

E_1 = Eficiencia de la lámpara

E_2 = Eficiencia del equipo auxiliar (balastos)

E_3 = Eficiencia del artefacto de iluminación

E_4 = Eficiencia del diseño de la instalación

E_5 = Aporte del entorno a la eficiencia

Alta eficiencia requiere un diseño integral.

Potencia específica de iluminación P_{ei}

Densidad de potencia en Watts / m² necesaria para cada 100 lux.

1,0 W/100 lux	Mejor tecnología actual
2,1 W/100 lux	Mejor tecnología, Argentina
3,0 W/100 lux	Buena, promedio Europa
6,6 W/100 lux	Promedio, Argentina
9,7 W/100 lux	Instalaciones domésticas (Tucumán, Assaf, 2003)

Nivel de servicio:

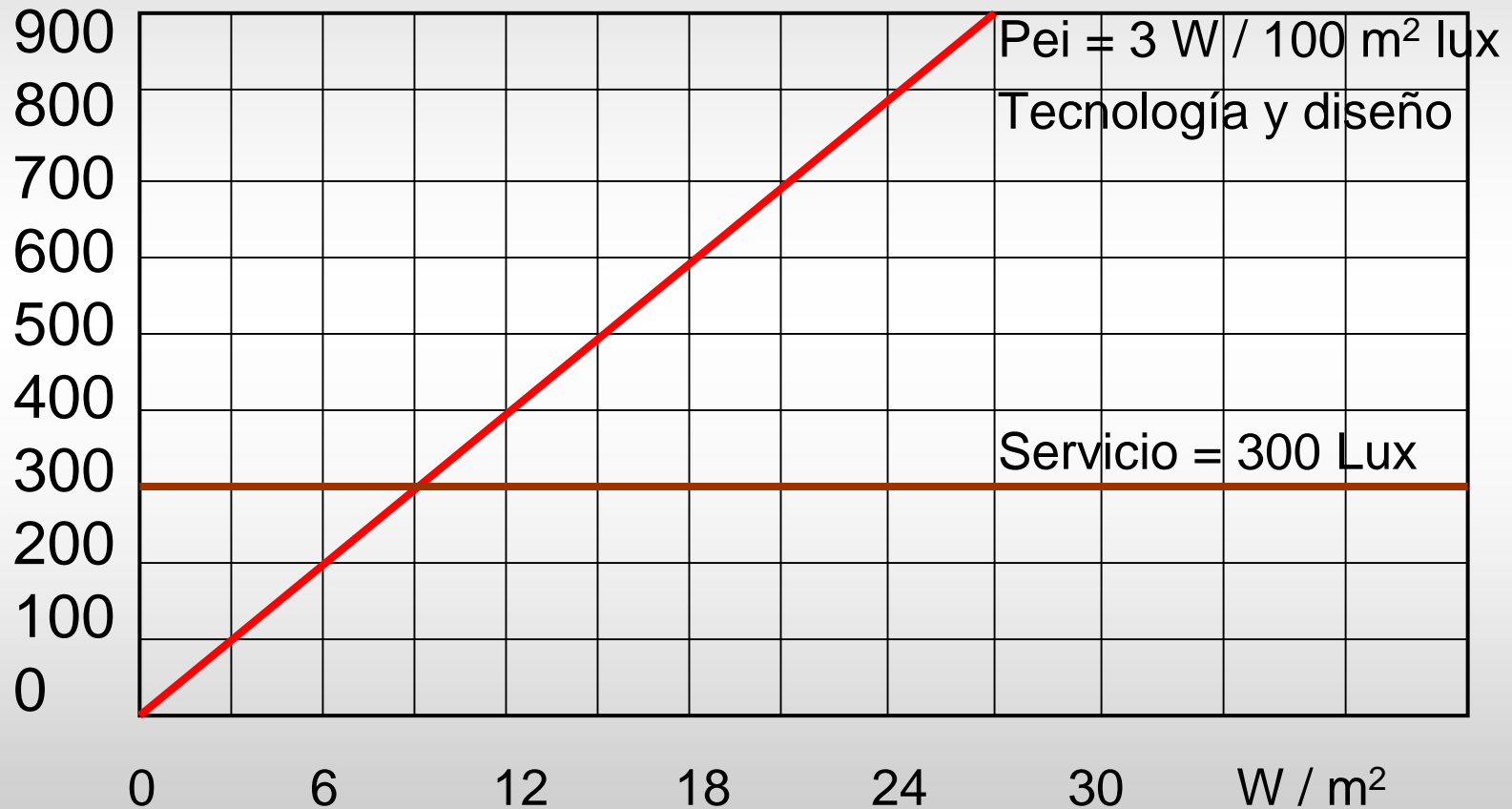
Iluminancia sobre el plano de trabajo según la actividad a desarrollar en lux (= Lúmenes / m²):

100 lux	Circulaciones secundarias, depósitos
200 lux	Circulaciones, talleres, etc.
300 lux	Oficinas de tareas generales, aulas
500 lux	Oficinas para lectura, escritura, etc.
700 lux	Trabajos finos, costura, etc.
1000 lux	Cartografía y dibujo técnico
3000 lux	Relojería, cirugía, etc.

Negro = servicio nivel general

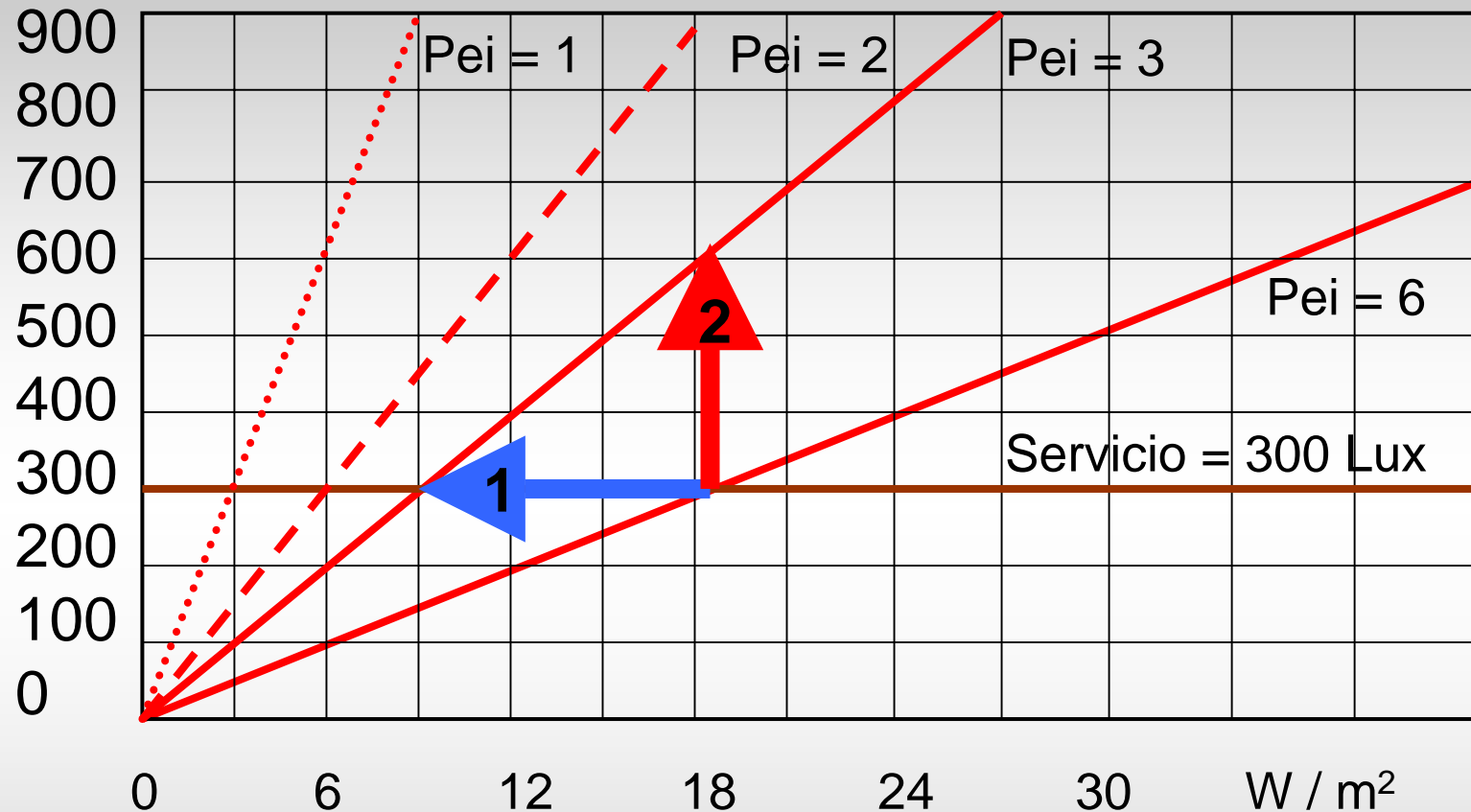
Gris = servicio concentrado en el puesto de trabajo

Gráfico de eficiencia:



Evaluación de proyectos de iluminación artificial

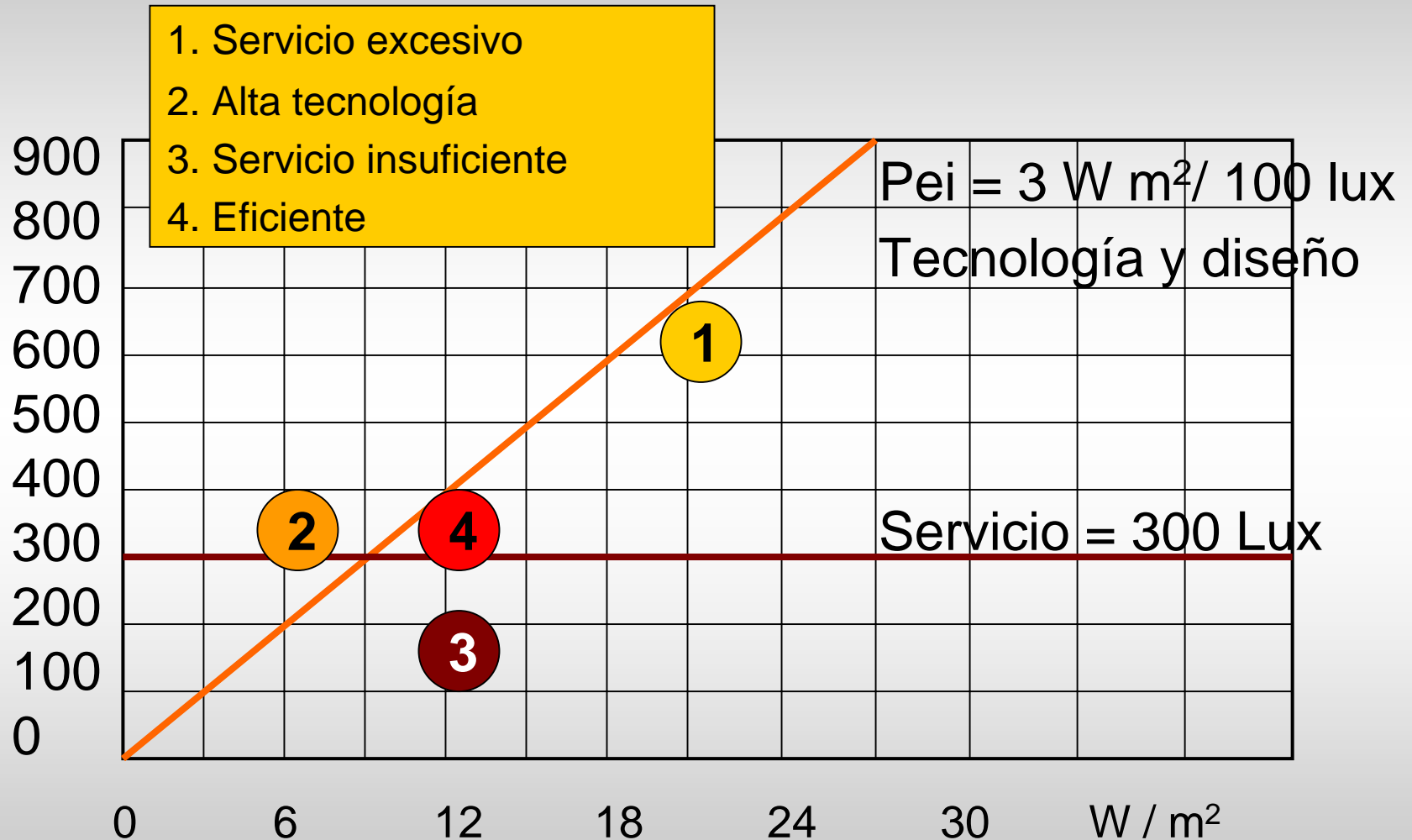
Gráfico de eficiencia:



Instalaciones de mayor eficiencia según Pei ($W m^2 / 100 lux$):

1. La misma iluminación con menor potencia
2. Mas iluminación con la misma potencia

Gráfico de eficiencia:



Evaluación de proyectos de iluminación artificial

Mayor eficiencia energética en iluminación

Calidad lumínica:

- Evitar contrastes excesivos o fuentes directas en el campo visual.
- Utilizar iluminación natural para reducir uso de energía convencional. (Contribución Energética de la Luz Natural)
- Mejorar la distribución con reflejos internos, colores claros, etc.
- Control del ángulo de incidencia de la luz sobre planos de trabajo.
- Variación del nivel de servicio según actividad.

Iluminación eficiente vs derroche de energía

Luces encendidas en locales vacíos: falta de controles, encendido en bloque.

Luces encendidas en locales con luz natural: falta de controles y llaves, encendido en bloque.

Luces adicionales agregadas al diseño original.

Limpieza insuficiente: en luminarias y superficies

Cambio de lámparas con menor eficiencia, por ej. cambio de tubos T8 por T12.

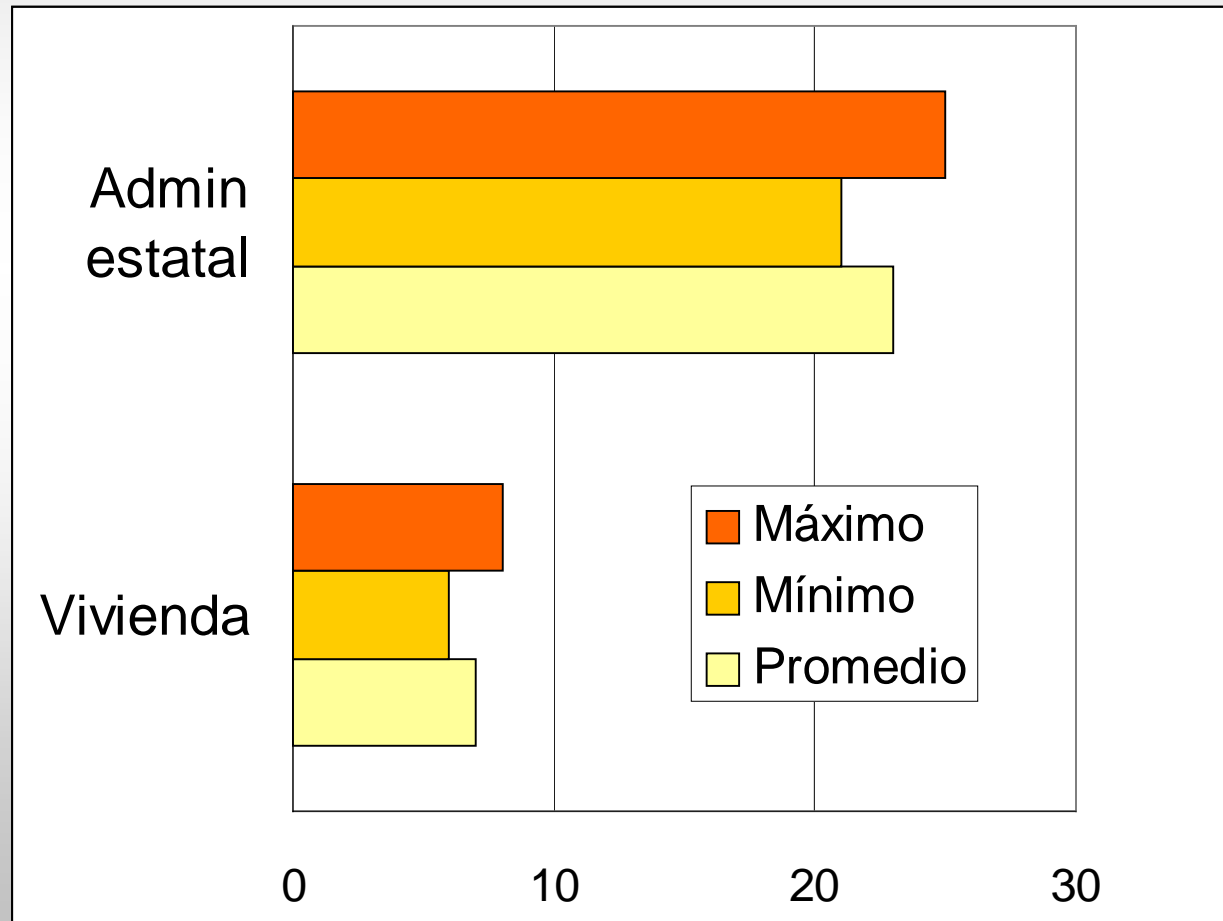
Controles automáticos incorrectamente instalados.

Eficiencia energética: conciencia + interés

Gráfico basado en relevamientos en San Miguel de Tucumán:

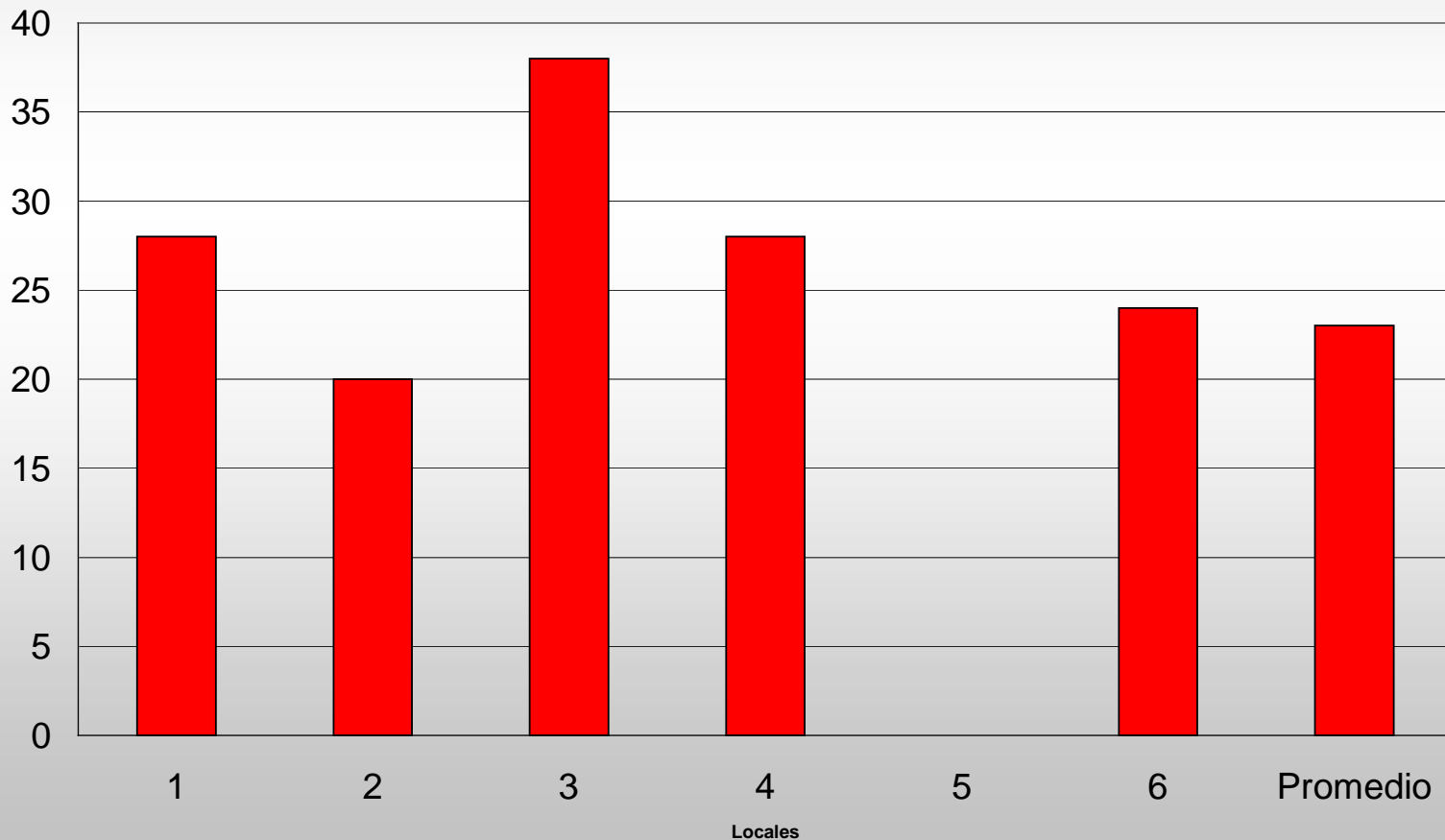
- 6 edificios de oficinas estatales con 653 muestras. Derroche > 20 % (Assaf y Cisint, 1994).

- 8 Viviendas unifamiliares con 4608 datos. Derroche < 8 % (Assaf et al, 2000)

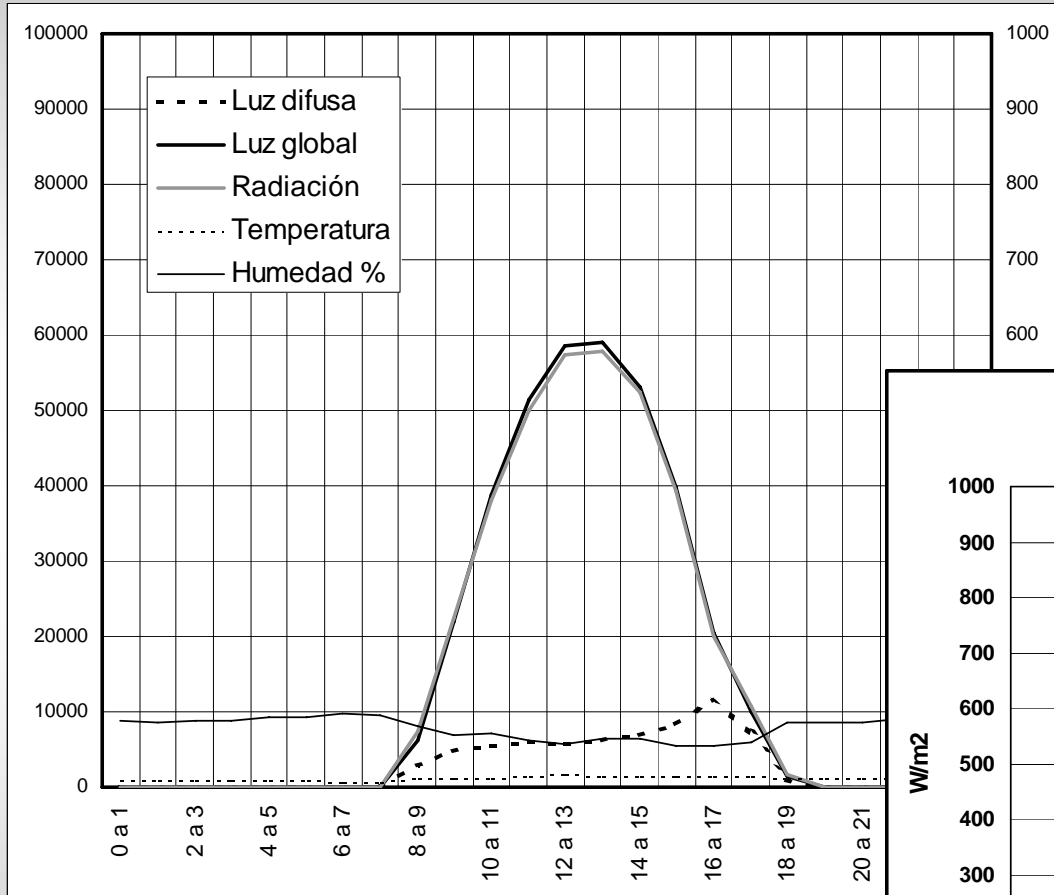


Iluminación eficiente y controles

% de horas con luces en oficinas vacías

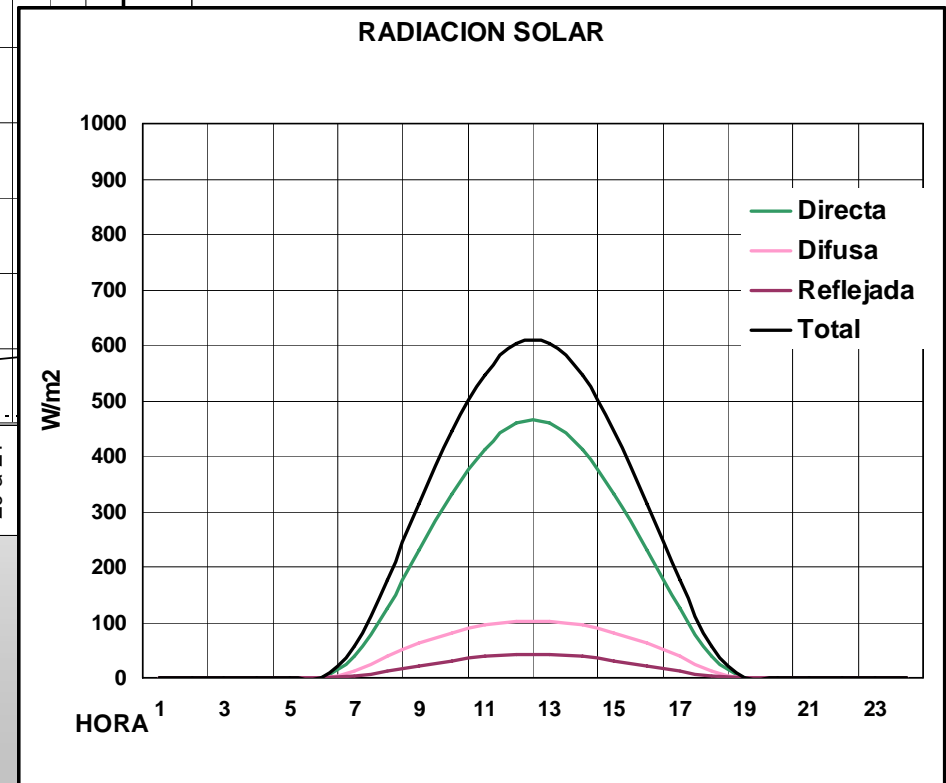


Radiación solar y luz natural



Medición en la FADU

Simulación numérica



Ejemplo

Luces encendidas en sectores cercanos a las ventanas en un día con excelente luminosidad.

(Sydney, Australia)



Ejemplo

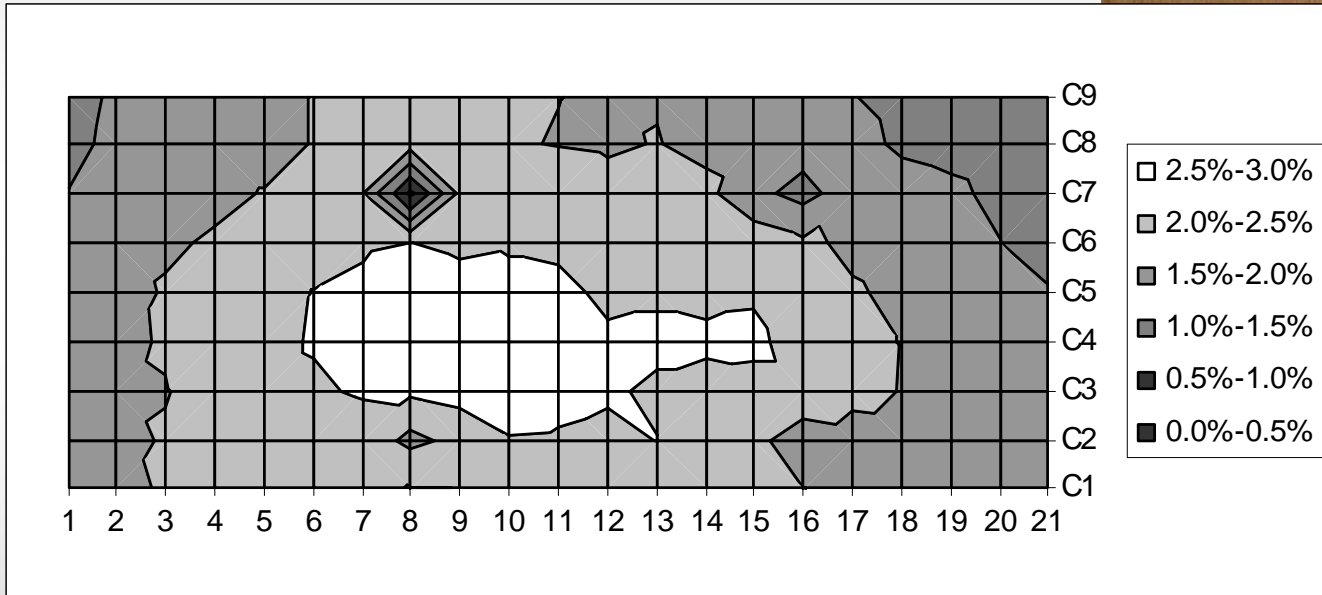
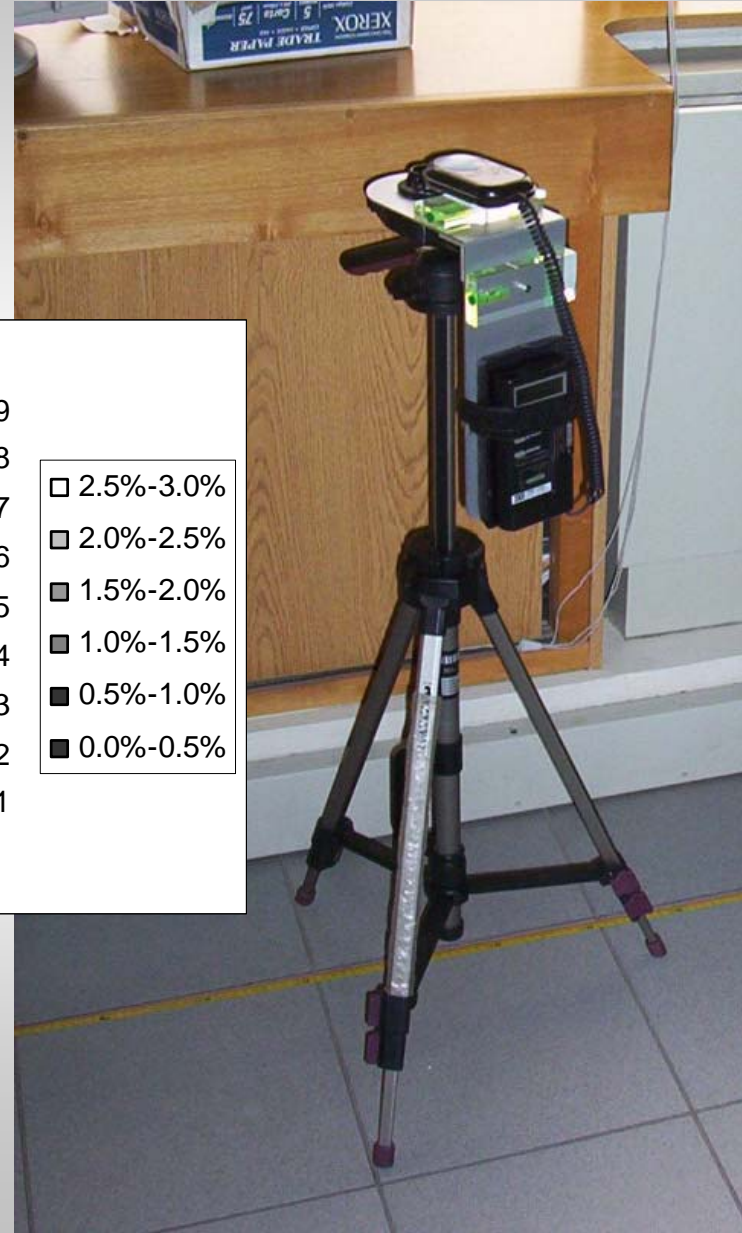
Integración de luz artificial y natural.
Luz cenital con control solar y reflejo de luz difusa.

Arq. Alvar Aalto,
Sala de Conciertos,
Finlandia, Helsinki.



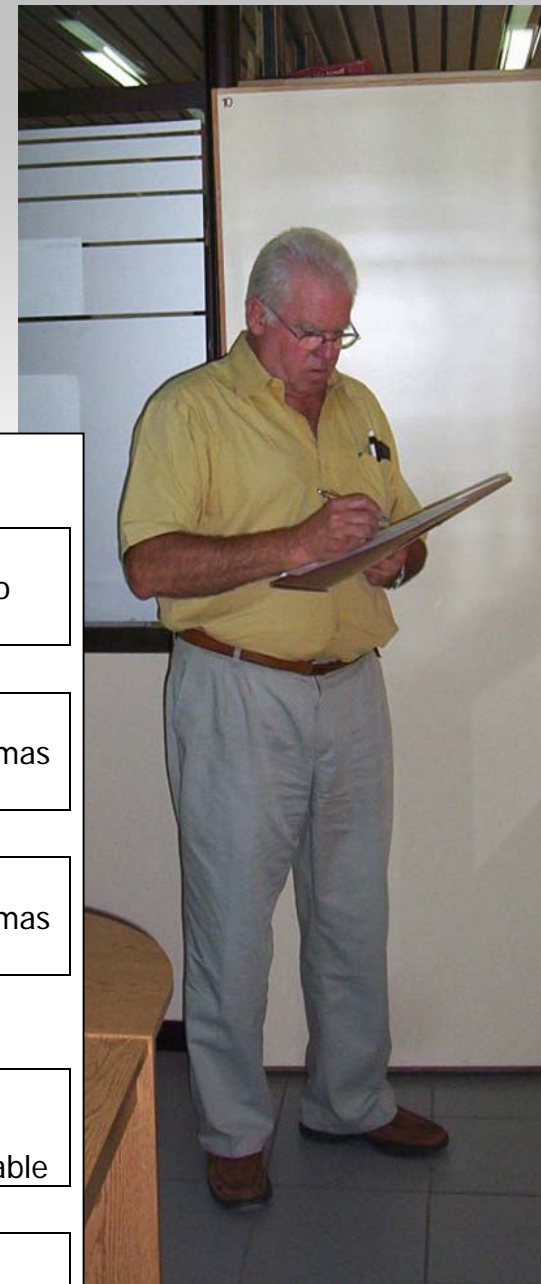
Condiciones lumínicas

Medición de iluminación natural y artificial: cantidad, calidad y distribución de luz.



Encuestas

Satisfacción y confort subjetivo:
encuestas y observación del
comportamiento de los usuarios.



9. Luz artificial

9.1 Luz artificial: la iluminación artificial en este momento es:

-3 muy bajo	-2 bajo	-1 levemente bajo	0 ni bajo ni alto	+1 levemente alto	+2 alto	+3 Muy alto
----------------	------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	------------	----------------

9.2 Luz artificial: preferencia de iluminación artificial en este momento es:

-3 mucho mas bajo	-2 mas bajo	-1 levemente mas bajo	0 ni mas ni menos	+1 levemente mas alto	+2 mas alto	+3 Mucho mas alto
-------------------------	----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------	----------------	-------------------------

9.3 Luz artificial: en general la iluminación artificial de esta oficina es:

-3 muy bajo	-2 bajo	-1 levemente bajo	0 ni bajo ni alto	+1 levemente mas alto	+2 mas alto	+3 Mucho mas alto
----------------	------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------	----------------	-------------------------

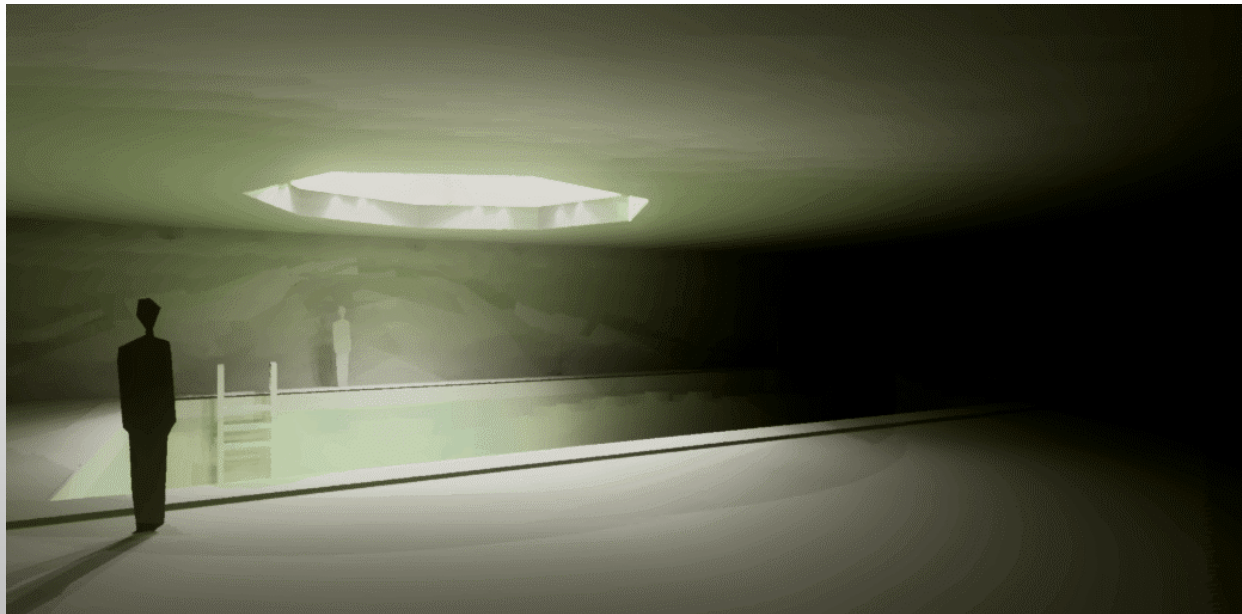
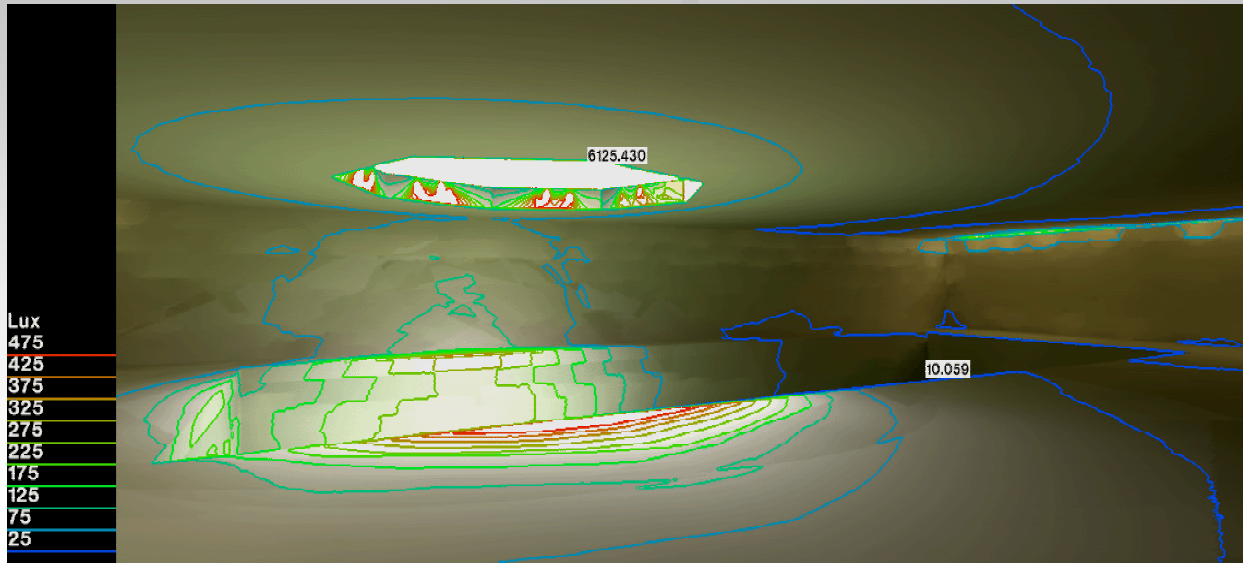
9.4 Luz artificial: la calidad de iluminación artificial en este momento es:
(color, incidencia sobre plano de trabajo, variaciones y 'flicker')

-3 Muy poco confortable	-2 Poco confortable	-1 levemente bajo conf	0 ni confort ni disconf	+1 levemente confortable	+2 confortable	+3 Muy confortable
-------------------------------	---------------------------	------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-------------------	--------------------------

9.5 Luz natural: en el lugar de trabajo los contrastes y reflejos son:

-3 Muy excesiva	-2 Excesiva	-1 levemente excesiva	0 ni confort excesiva	+1 levemente confortable	+2 confortable	+3 Muy confortable
-----------------------	----------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-------------------	--------------------------

Estudios especiales

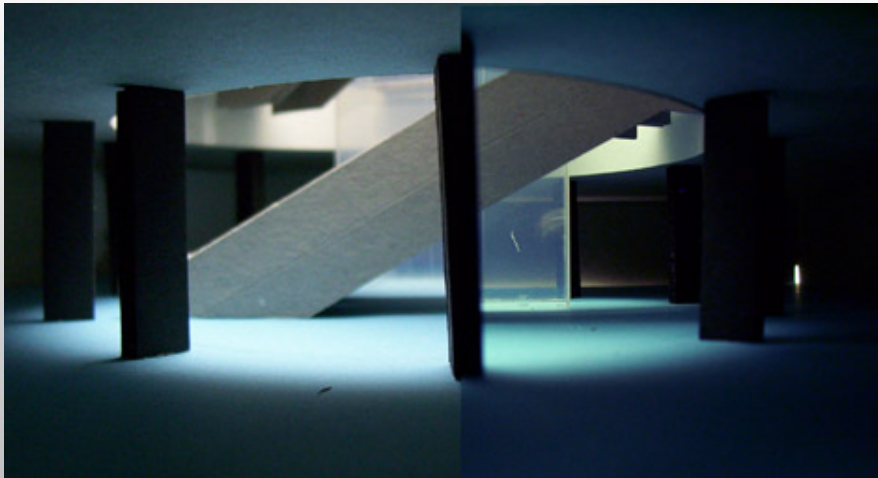
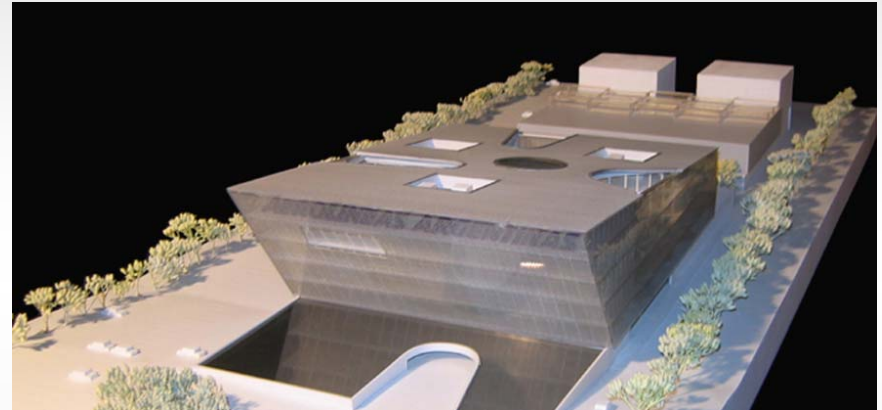


Simulación numérica de iluminación natural y artificial con el Programa de computación 'Radiance':

- Cantidad de luz
- Calidad y distribución

Estudios especiales

Simulación de iluminación en cielo artificial y heliodón



Referencias:

Assaf, L. O. (2003) *Perspectivas de la eficiencia energética en iluminación a través de una apropiada metrología de eficiencia*, ANTAC, Asociación Nacional de Tecnología del Ambiente Construido, Brasil.

Asociación Argentina de Luminotecnia (2001) *Iluminación: Luz, Visión, Comunicación*, AADL, Buenos Aires.